



**KARAKTERISTIK *ULTRASONIC PULSE VELOCITY*
PADA *FLEXIBLE PAVEMENT* DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *INDIRECT***

PROYEK AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Prasyarat
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya



oleh:

Prasetyo Wibowo

NIM. 12510134029

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

2016

**KARAKTERISTIK *ULTRASONIC PULSE VELOCITY*
PADA *FLEXIBLE PAVEMENT* DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *INDIRECT***

oleh:
Prasetyo Wibowo
12510134029

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan perambatan gelombang ultrasonic rerata dan maksimal pada *flexible pavement* dengan komposisi variasi agregat Bantak, Krasak, Progo, dan Clereng yang menggunakan bahan pengisi *filler* Bantak, Krasak, Progo, dan Semen serta bahan tambah *polypropylene*.

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Dalam penelitian ini terdapat tiga Variable yaitu: 1) Variable Bebas yang meliputi agregat kasar dan agregat halus. 2) Variable Terikat yang meliputi kecepatan optimal pada variasi agregat. 3) Variable Kontrol yang meliputi faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kecepatan gelombang ultrasonik. Benda uji *flexible pavement* memiliki dimensi 30 cm x 5 cm x 5 cm yang berjumlah 24 buah dengan variasi agregat BBP (bantak,bantak dan *filler* progo), BCC (bantak,clereng dan *filler* clereng), BBB (bantak,bantak dan *filler* bantak), BBS (bantak,bantak dan *filler* semen), BKB (bantak,krasak dan *filler* bantak), CCC (clereng,clereng dan *filler* clereng), PCC (progo,clereng dan *filler* clereng), dan KPC (krasak, progo dan *filler* clereng) dimana terdapat 3 benda uji setiap varian. Penelitian ini menggunakan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) metode *indirect* dan dianalisis secara *Diskriptif Kuantitatif*.

Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh: a) Cepat rambat gelombang rerata varian BBP, BCC, BBB, BBS, BKB, CCC, PCC, dan KPC berturut-turut sebesar 3,44 km/s; 1,60 km/s; 3,53 km/s; 3,06 km/s; 3,23 km/s; 1,19 km/s; 2,25 km/s; dan 1,62 km/s. b) Nilai kecepatan rambat gelombang ultrasonik rerata optimal terdapat pada varian BBB dengan variasi agregat Bantak, Bantak dan *filler* Bantak yaitu 3,53 km/s.

Kata Kunci: Variasi agregat, *ultrasonic pulse velocity* (UPV), Komposisi.

HALAMAN PERSETUJUAN

PROYEK AKHIR

Dengan judul

**KARAKTERISTIK *ULTRASONIC PULSE VELOCITY*
PADA *FLEXIBLE PAVEMENT* DENGAN
MENGUNAKAN METODE *INDIRECT***

Disusun oleh:

**Prasetyo Wibowo
NIM. 12510134029**

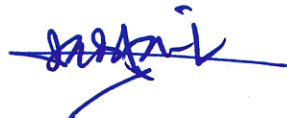
Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan

Didepan Dewan Penguji Proyek Akhir

Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Dosen Pembimbing,



Faqih Ma'arif, M. Eng.
NIP. 1985047 2011012 1 006

HALAMAN PENGESAHAN

PROYEK AKHIR

**KARAKTERISTIK *ULTRASONIC PULSE VELOCITY*
PADA *FLEXIBLE PAVEMENT* DENGAN
MENGUNAKAN METODE *INDIRECT***

Disusun oleh:

Prasetyo Wibowo
12510134029

Telah Dipertahankan di depan Tim Penguji Proyek Akhir Jurusan Pendidikan
Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Negeri Yogyakarta
Pada Tanggal 20 Mei 2016
Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Guna Memeroleh Gelar Ahli Madya

TIM PENGUJI

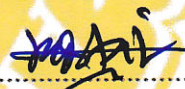
Jabatan

Nama Lengkap

Tanda Tangan

1. Ketua Penguji

Faqih Ma'arif, M, Eng



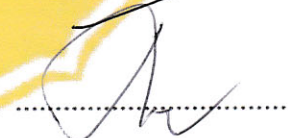
2. Penguji Utama I

Ir. Endaryanta, MT.



3. Penguji Utama II

Drs. Imam Muchoyar, M.Pd.



Yogyakarta, April 2016

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta,



Dr. Moeh. Bruri Triyono, M.Pd.

NIP. 19560216 198603 1 003

SURAT PERNYATAAN

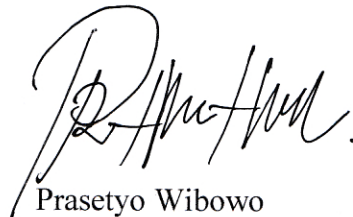
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Prasetyo Wibowo
NIM : 12510134029
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Karakteristik *Ultrasonic Pulse Velocity* pada
Flexible Pavement menggunakan metode *indirect*

Menyatakan bahwa dalam proyek akhir ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di sebuah Perguruan Tinggi. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali sebagai acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 18 Mei 2016

Yang menyatakan,



Prasetyo Wibowo
NIM. 12510134029

Proyek akhir ini di bawah penelitian tema payung dosen atas nama Dr. Effendie Tanumihardja, MM., Dr. Slamet Widodo, M.T., Sumardjo, H.M.T., dan Faqih Ma'arif, M.Eng di Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

PERSEMBAHAN

Kepada Kedua Orang Tuaku, Keluargaku, Agamaku, dan
Bangsaku.

MOTTO

TERBENTUR, TERBENTUR, TERBENTUR,

TERBENTUK

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Allah Yang Maha pengasih lagi maha penyayang sehingga penyusun dapat menyelesaikan Proyek Akhir dengan judul “Karakteristik *Ultrasonic Pulse Velocity* pada *Flexible Pavement* menggunakan metode *indirect* ”. Penelitian ini disusun sebagai persyaratan untuk mendapatkan gelar Ahli Madya pada Prodi Teknik Sipil Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dari proses pengujian hingga terselesainya penulisan laporan proyek akhir ini. Untuk itu, penulis menyampaikan terima kasih secara tulus kepada:

1. Keluarga yang telah memberikan doa dan semangat, masukan, maupun motivasi selama saya menginjakkan kaki di kampus ini.
 2. Bapak Faqih Ma'arif, M. Eng. selaku pembimbing yang senantiasa sabar hingga laporan Tugas Akhir ini selesai.
 3. Bapak Drs. Darmono,. M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan
 4. Bapak Drs. Imam Muchoyar, M.Pd. selaku dosen penguji.
 5. Bapak Ir. Endaryanta, MT. selaku dosen penguji.
 6. Bapak Prof. Dr. Husaini Usman, M.Pd. selaku dosen Pembimbing Akademik.
 7. Bapak Sudarman, S.Pd. selaku teknisi Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Terimakasih atas segala bantuan dan bimbingannya selama pembuatan dan pengujian benda uji.

8. Pakde (Dian), Helvian, dan Isya, kawan yang saya temui pertama kali ketika saya baru di kampus ini, serta Ugra, Rudi, Pinta, dan seluruh kawan-kawan C2 dan C yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.
9. Bastian, Hendra, Indra, Ibnu, Fajar, Dhani, Khusnul, Ragil, dan Dhita selaku kawan-kawan satu tim dalam penelitian.
10. Hesti, Rizpat, Chandra, Agil, Farid, mas Randi dan Desinta selaku kawan-kawan di LPM EKSPRESI UNY, terimakasih atas “hinaanya” supaya saya segera menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Mas Pandu, Zakiyudin, Abu Ismail, dan seluruh keluarga HMI Cabang Bulaksumur Sleman, terimakasih sudah selalu mengingatkan saya untuk selalu ingat kepada-Nya.
12. Serta tak lupa saya ucapkan terimakasih kepada Anggini Winandra yang selalu memberikan dorongan untuk menyelesaikan laporan ini. Terimakasih untuk segalanya.

Penyusun menyadari bahwa dalam penulisan karya ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Semoga Proyek Akhir ini dapat berguna untuk penyusun pribadi dan bagi siapa saja yang membacanya, Amin.

Yogyakarta, Juni 2016
Penyusun

Prasetyo Wibowo
NIM. 12510134029

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
ABSTRAK	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
SURAT PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	6
 BAB II KAJIAN PUSTAKA	 7
A. Beton Aspal	7
B. Aspal.....	7
C. Agregat	8
1. Pengertian Agregat	8
2. Sifat Agregat Sebagai Material Perkerasan Jalan	9
3. Daya Lekat Aspal Terhadap Agregat	10
4. Berat Jenis Agregat	10

D. Agregat Kasar.....	12
1. Batuan Beku (<i>igneous rock</i>)	12
2. Batuan Sedimen (<i>sedimentary</i>)	12
3. Batuan <i>Metamorf</i>	12
E. Agregat Halus.....	15
F. Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	15
G. Serat <i>Polypropylene</i>	16
H. Fungsi Aspal Sebagai Material Perkerasan Aspal	18
I. Parameter dan Formula Perhitungan	20
1. Berat Jenis <i>Bulk</i> dan <i>Apparent</i> Total Agregat	20
2. Berat Jenis Efektif Agregat	21
3. Berat Jenis Maksimum Campuran	22
4. Kadar Aspal Efektif	23
J. Jenis-jenis Gelombang	23
1. Gelombang geser	23
2. Gelombang kompresi.....	24
3. Gelombang permukaan	25
4. Gelombang love	26
K. <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV)	27
L. Kajian Penelitian yang Relevan	31
 BAB III METODE PENELITIAN	 34
A. Metode.....	34
B. Variabel Penelitian	35
1. Variabel Bebas.....	35
2. Variabel Terikat	36
3. Variabel Kontrol	36
C. Bahan Penelitian.....	39
1. Agregat	39
2. Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	40
3. Aspal	41

4. Serat	42
D. Peralatan Penelitian	42
E. <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV)	49
F. Pengujian Bahan	50
1. Pengujian Agregat Kasar	50
2. Pengujian Agregat Halus	51
3. <i>Filler</i>	51
4. Pengujian Aspal	52
G. Langkah Pembuatan Mix Desain	52
H. Langkah Pembuatan Benda Uji	54
I. Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV)	56
J. Analisis Data	57
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	58
A. Hasil Pengujian.....	58
1. Analisis Saringan	58
2. Pemeriksaan Aspal	68
3. Hasil Uji <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV)	69
4. Pengujian Agregat	70
B. Pembahasan	73
1. Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV).....	73
2. Perbandingan <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV) dengan masing-masing varian	81
 BAB V. SIMPULAN DAN SARAN	86
A. Simpulan	86
B. Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	92

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ukuran Butir Agregat	9
Tabel 2. Persyaratan Agregat Kasar	14
Tabel 3. Persyaratan Agregat Halus	15
Tabel 4. Spesifikasi Standar <i>Thermometer</i>	48
Tabel 5. Ketentuan Agregat Kasar	51
Tabel 6. Ketentuan Agregat Halus	51
Tabel 7. Ketentuan Agregat <i>Filler</i>	52
Tabel 8. Ketentuan Aspal.....	52
Tabel 9. Agregat Kasar Bantak	59
Tabel 10. Berat jenis agregat kasar Bantak.....	59
Tabel 11. Agregat Halus Bantak	60
Tabel 12. Berat jenis Agregat Halus Bantak	60
Tabel 13. <i>Filler</i> Bantak	60
Tabel 14. Berat Jenis Agregat <i>Filler</i> Bantak.....	61
Tabel 15. Agregat Kasar Clereng.....	61
Tabel 16. Berat Jenis Agregat Kasar Clereng	62
Tabel 17. Agregat Halus Clereng.....	62
Tabel 18. Berat Jenis Agregat Halus Clereng	62
Tabel 29. <i>Filler</i> Clereng	63
Tabel 20. Berat Jenis Agregat <i>Filler</i> Clereng	63
Tabel 21. Agregat Kasar Krasak	64
Tabel 22. Berat Jenis Agregat Kasar Krasak	64
Tabel 23. Agregat Halus Krasak	65
Tabel 24. Berat Jenis Agregat Halus Krasak	65
Tabel 25. <i>Filler</i> Krasak	65
Tabel 26. Berat Jenis Agregat <i>Filler</i> Krasak	66
Tabel 27. Agregat Kasar Progo	66
Tabel 28. Berat Jenis Agregat Kasar Progo	67
Tabel 29. Agregat Halus Progo	67

Tabel 30. Berat Jenis Agregat Halus Progo	67
Tabel 31. <i>Filler</i> Progo	68
Tabel 32. Berat Jenis Agregat <i>Filler</i> Progo	68
Tabel 33. Hasil Pemeriksaan Aspal AC 60/70.....	69
Tabel 34. Persyaratan Gradasi Agregat Halus	70
Tabel 35. Agregat Bantak, (kasar dan halus), <i>filler</i> Progo	74
Tabel 36. Agregat Bantak dan Clereng (kasar dan halus), Clereng	75
Tabel 37. Agregat Bantak (kasar dan halus), <i>filler</i> Bantak	76
Tabel 38. Agregat Bantak (kasar dan halus), <i>filler</i> Semen	77
Tabel 39. Agregat bantak, krasak (kasar dan halus), <i>filler</i> Bantak.....	78
Tabel 40. Agregat Clereng (kasar dan halus), <i>filler</i> Clereng	79
Tabel 41. Agregat Progo, Clereng (kasar dan halus), <i>filler</i> Clereng.....	80
Tabel 42. Agregat Krasak, Progo (kasar dan halus), <i>filler</i> Clereng.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema volume butir agregat.....	11
Gambar 2. Fungsi aspal pada setiap butir agregat.....	19
Gambar 3. Perbedaan fungsi aspal pada lapisan jalan	19
Gambar 4. Gelombang transversal	24
Gambar 5. Gelombang longitudinal	25
Gambar 6. Gelombang <i>Rayleigh</i>	25
Gambar 7. Gelombang Love.....	26
Gambar 8. Langsung (<i>direct</i>)	28
Gambar 9. Tidak langsung (<i>indirect</i>)	28
Gambar 10. Semi langsung (<i>semi direct</i>)	28
Gambar 11. Sekema cara alat kerja UPV	30
Gambar 12. <i>Flowchart</i> Hubungan Variabel	37
Gambar 13. Bagan Alir Penelitian	38
Gambar 14. (a). Agregat Bantak, (b). Agregat Clereng, (c). Agregat Pasir Progo, (d). Agregat Pasir Krasak	40
Gambar 15. (a). <i>Filler</i> Bantak, (b). <i>Filler</i> Clereng, (c). <i>Filler</i> Pasir Progo, (d). <i>Filler</i> Semen	40
Gambar 16. Aspal AC 60/70	41
Gambar 17. Serat <i>Polypropylene</i>	42
Gambar 18. Ayakan	43
Gambar 19. Oven	43
Gambar 20. <i>Picnometer</i>	44
Gambar 21. Timbangan	44
Gambar 22. Alat uji penetrasi aspal	45
Gambar 23. Alat uji lembek	45
Gambar 24. Alat uji titik nyala dan titik bakar	46
Gambar 25. Alat Uji Berat Jenis Aspal	46
Gambar 26. Cetakan Benda Uji	47
Gambar 27. Penumbuk.....	47

Gambar 28. Kompor gas	48
Gambar 29. Jangka Sorong	49
Gambar 30. Peralatan uji UPV	50
Gambar 31. Pengujian UPV	56
Gambar 32. Notasi pembacaan dan cara pengujian UPV	69
Gambar 33. Distribusi ukuran butir pasir bantak.....	71
Gambar 34. Distribusi ukuran butir pasir clereng	72
Gambar 35. Distribusi ukuran butir pasir krasak	72
Gambar 36. Distribusi ukuran butir pasir progo	73
Gambar 37. Grafik kecepatan perambatan benda uji BBP	74
Gambar 38. Grafik kecepatan perambatan benda uji BCC	75
Gambar 39. Grafik kecepatan perambatan benda uji BBB	76
Gambar 40. Grafik kecepatan perambatan benda uji BBS	77
Gambar 41. Grafik kecepatan perambatan benda uji BKB	78
Gambar 42. Grafik kecepatan perambatan benda uji CCC	79
Gambar 43. Grafik kecepatan perambatan benda uji PCC	80
Gambar 44. Grafik kecepatan perambatan benda uji KPC	81
Gambar 45. Grafik perbandingan rerata UPV dengan varian	82

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Pengujian Aspal
- Lampiran 2. Pengujian Agregat Pasir Bantak
- Lampiran 3. Pengujian Agregat Pasir Clereng
- Lampiran 4. Pengujian Agregat Pasir Krasak
- Lampiran 5. Pengujian Agregat Pasir Progo
- Lampiran 6. Pengujian UPV

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jumlah kendaraan bermotor yang terdaftar di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) pada tahun 2015 tercatat sebanyak 1.618.475 unit, naik 8,76 persen dari tahun 2014 (Badan Pusat Statistik). Meningkatnya jumlah kendaraan ini tentu akan berpengaruh pada kondisi perkerasan jalan karena beban yang ditanggung oleh jalan akan meningkat. Beban berlebih merupakan salah satu indikator rusaknya struktur jalan.

Pada tahun 2015, dari 4.592,05 km panjang jalan di DIY, sekitar 42,71 persen dalam kondisi baik, 35,90 persen dalam kondisi sedang, dan 21,39 persen dalam kondisi rusak. Kondisi sulitnya mengurangi jumlah kendaraan dan terlalu seringnya jalan rusak menuntut alternative terhadap struktur perkerasan tersebut. Salah satu cara untuk mengatasi kerusakan tersebut adalah memperbaiki kinerja campuran bahan meliputi agregat dan bahan. Modifikasi penggunaan bahan tambah, agregat, aspal, maupun material lain sebagai pengganti komponen campuran dirasa akan memberikan alternative baru dalam perkerasan jalan.

Di Indonesia saat ini perkerasan jalan dibagi menjadi dua, yakni *rigit pavement* dan *flexible pavement*. Perkerasan jalan yang ada di Indonesia sebagian besar menggunakan campuran beton aspal. Pemilihan beton aspal dilatarbelakangi akan campuran yang menghasilkan lapisan kedap air dan tahan lama. Namun, campuran ini memiliki kelemahan terkait kondisi cuaca

tropis. Sehingga campuran rentan terjadi kerusakan, seperti jalan berlubang dan bergelombang. Ditambah dengan alat transportasi berat yang melintas diatas konstruksi jalan tersebut (Dian, 2012)

Kondisi agregat pada jenis perkerasan *rigit pavemen* maupun *flexible pavement* memainkan peranan penting dalam perencanaan perkerasan jalan. Untuk perkerasan jalan jenis *flexible pavement*, komposisi antara aspal dan agregat sangat mempengaruhi kekutan jalan itu sendiri. Umumnya, agregat komposisi agregat berkisar 75% - 85% dari volume total.

Agregat standar yang berasal dari alam seperti kerikil dan pasir umumnya digunakan sebagai campuran utama. Untuk daerah dengan kekayaan gunung vulkanik seperti Indonesia, cadangan agregat sungguh melimpah. DI Yogyakarta, gunung Merapi menjadi salah satu pemasok cadangan agregat terbesar. Agregat dari gunung Merapi tersebar ke beberapa aliran sungai. Salah satu sungai penghasil pasir adalah Kali Kuning. Pasir yang berasal dari Kali Kuning, oleh masyarakat sekitar sering disebut sebagai pasir Krasak. Adapula pasir dari Bantak, Progo, maupun Clereng.

Untuk pasir yang berasal dari Bantak, kekuatan dan penggunaanya masih minim diketahui oleh masyarakat. Pun dengan pasir Clereng maupun Krasak. Ketersediaan pasir dari gunung Merapi sebanyak 70% yang mengakir ke berbagai sungai (Rahmat, 2013).

Selain memanfaatkan *stok* dari gunung Merapi, agregat juga bisa didapatkan dari sungai Clereng. Sungai Clereng merupakan salah satu sungai pembentuk Kali Progo yang berlokasi di Sendhangsari, Pengasih, Kulon

Progo. Agregat yang berasal dari sungai Clereng belum banyak dimanfaatkan untuk perkerasan jalan, masyarakat setempat lebih memanfaatkan agregat Clereng sebagai bahan untuk membangun hunian. Agregat Clereng berasal dari pegunungan Menoreh yang mengalami abrasi. Agregat dari Sungai Clereng masih alami dan berbentuk bulat-bulat.

Pencarian bahan material tambahan yang dapat meningkatkan kinerja konstruksi jalan juga sangat diperlukan. Salah satunya dengan serat *polypropylene*. Serat *polypropylene* merupakan senyawa hidrkokarbon dengan rumus kimia C_3H_6 . Serat *polypropylene* berbentuk jaringan tunggal ataupun jaringan serabut tipis yang berbentuk jala dengan ukuran panjang 6 mm sampai 50 mm dan memiliki diameter 90 mikron. Kadar serat *polypropylene* yang sering digunakan adalah sebesar 900 gr/m^3 (Adianto, 2006)

Untuk merekatkan agregat dan bahan tambah, aspal memainkan peranan penting. Aspal sering didefinisikan sebagai material perekat, berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal diperoleh dari perut bumi maupun hasil dari residu pengilangan minyak bumi. Aspal dari residu minyak bumi ini yang sebagian besar digunakan sebagai bahan perekat konstruksi jalan. Salah satu aspal yang dihasilkan dalam proses residu minyak bumi adalah aspal AC 60/70 (Sukirman, 2003)

Pada penelitian ini kualitas komposisi material dievaluasi dengan menggunakan hasil perhitungan kecepatan gelombang ultrasonik sebagai satu syarat bahwa kualitas campuran memiliki homogenitas yang baik. Metode yang digunakan untuk mengetahui homogenitas agregat

menggunakan tes *Ultrasonic Pulse Velocity* metode *indirect*. Metode ini bekerja dengan mengirimkan (*transducer*) gelombang ultrasonic dan diterima (*receiver*) dengan jarak tertentu.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas maka dapat diidentifikasi suatu permasalahan sebagai berikut:

1. Belum diketahuinya karakteristik variasi agregat terhadap *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) pada *flexible pavement* yang akan di gunakan.
2. Belum diketahuinya karakteristik aspal AC 60/70 dengan ditambahkan serat *polypropylene* terhadap kecepatan perambatan gelombang ultrasonik *flexible pavement*.
3. Belum diketahuinya besarnya kecepatan perambatan gelombang beton aspal campuran dengan metode *indirect*.
4. Belum diketahuinya kualitas komposisi material dalam pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV).

C. Batasan Masalah

Untuk mendukung tujuan penelitian, dibutuhkan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Jenis aspal yang digunakan AC 60/70 dengan kadar aspal yang digunakan adalah 6% serta menggunakan kadar Serat *polypropylene* sebesar 0,3%.
2. Metode pencampuran dengan cara basah.

3. Material agregat yang digunakan Bantak, Krasak, Progo, dan Clereng dengan *filler* Progo, Clereng, Bantak dan Semen.
4. Metode yang dilakukan untuk mengukur perambatan gelombang pada penelitian ini adalah *indirect*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah di atas, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan sebagai berikut:

1. Berapakah besarnya kecepatan perambatan gelombang ultrasonik pada *flexible pavement* dengan menggunakan variasi agregat dan bahan tambah *polypropylene* menggunakan metode *indirect*.
2. Bagaimanakah perbandingan komposisi agregat maksimum terhadap besarnya kecepatan perambatan gelombang ultrasonik.

E. Tujuan penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui besarnya kecepatan perambatan gelombang ultrasonik pada *flexible pavement* dengan menggunakan variasi agregat dan bahan tambah *polypropylene* menggunakan metode *indirect*.
2. Bagaimanakah perbandingan komposisi agregat maksimum terhadap besarnya kecepatan perambatan gelombang ultrasonik.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui besarnya kecepatan perambatan gelombang ultrasonik pada *flexible pavement* dengan menggunakan variasi agregat dan bahan tambah *polypropylene* menggunakan metode *indirect*.
2. Mengetahui perbandingan komposisi agregat optimum terhadap besarnya kecepatan perambatan gelombang ultrasonik.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Beton Aspal

Beton aspal terdiri atas agregat dari berbagai diameter dengan aspal sebagai pengikat. Pencampuran aspal dan agregat dapat dilaksanakan di suhu rendah/dingin (*cold mix*) maupun panas (*hot mix*). Untuk *hot mix*, bahan dipanasi sampai suhu 155°C, agregat dengan suhu 165°C. Komposisi ini akan menghasilkan suhu 160°C (Suprpto, 2004).

B. Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material perekat berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam atau didapatkan dari residu dari pengilangan minyak bumi. *Tar* adalah material berwarna coklat atau hitam, berbentuk cair atau semi padat, dengan unsur utama bitumen sebagai hasil kondensat dalam destilasi destruktif dari batubara, minyak bumi, atau material organik lainnya. *Pitch* didefinisikan sebagai material perekat padat, berwarna coklat atau hitam, yang berbentuk cair jika dipanaskan. *Pitch* diperoleh sebagai residu dari destilasi fraksional *tar*. *Tar* dan *Pitch* tidak diperoleh di alam, tetapi merupakan produk kimiawi. Dari ketiga material pengikat di atas, aspal merupakan material yang umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu bitumen disebut pula sebagai aspal.

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika

dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperaturnya menurun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Menurut Sukirman (2003: 68-69). Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran.

C. Agregat

1. Pengertian Agregat

Agregat sering diartikan sebagai kumpulan butiran batuan yang memiliki ukuran tertentu. Agregat bisa diperoleh dari hasil alam lalu di *quarry* langsung maupun dari pemecahan batu menggunakan mesin. Agregat menurut Sukirman (2003: 45-46) adalah partikel mineral yang berbentuk butiran-butiran dan memiliki kombinasi berbagai macam tipe/ukuran. Agregat merupakan bahan material utama dalam struktur beton maupun lapis pondasi jalan.

Ukuran agregat terdiri dari berbagai jenis yang memiliki peran masing-masing dalam perkuatan struktur jalan. Ukuran ini berupa berbagai jenis butiran atau pecahan batuan, termasuk didalamnya pasir, kerikil, agregat pecah, abu/debu agregat dan lain-lain. Presentase agregat dalam suatu campuran berkisar antar 75-85% dari volume total atau 90-95% dari berat total, Sukirman (2003:41). Oleh karenanya sebagai lapisan *wearing course* atau lapisan permukaan, mutu dan kualitas agregat yang akan digunakan harus lebih baik dari pada lapisan perkerasan dibawahnya. Hal ini disebabkan karena lapisan permukaan (*wearing course*) menerima beban secara langsung

sebagai akibat beban lalu-lintas. Mutu agregat juga akan berpengaruh terhadap mampu tidaknya agregat tersebut menerima beban lebih besar jika dibandingkan lapisan dibawahnya. Dari paparan di atas, maka dapat diketahui bahwa pengujian terhadap agregat yang akan digunakan sangat penting dalam perencanaan konstruksi perkerasan jalan.

2. Sifat Agregat sebagai Material Perkerasan Jalan

Sifat agregat merupakan faktor yang menentukan kemampuan sifat agregat pada perkerasan jalan untuk memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca/iklim. Oleh karena itu perlu adanya pemeriksaan yang teliti sebelum memutuskan suatu agregat dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan, dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis dan daya lekat terhadap aspal. Gradasi agregat merupakan sifat yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasan secara keseluruhan. Ukuran butir agregat menurut SNI 03-1968-1990 disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Ukuran butir agregat

Ukuran saringan	Bukaan (mm)	Ukuran saringan	Bukaan (mm)
4 inchi	100	3/8 inchi	9,5
3 1/2 inchi	90	No.4	4,75
3 inchi	75	No.8	2,36
2 1/2 inchi	63	No.16	1,18
2 inchi	50	No.30	0,6

1 1/2 inchi	37,5	No.50	0,3
1 inchi	25	No.100	0,15
3/4 inchi	19	No.200	0,075
1/2 inchi	12,5	-	-

(Sumber: Sukirman,2003:7)

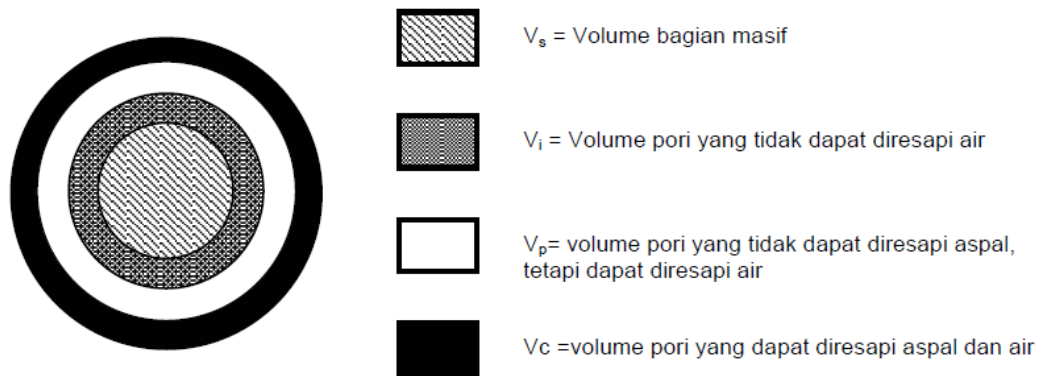
Analisis saringan dapat dilakukan secara basah atau kering, analisis basah digunakan untuk menentukan jumlah bahan agregat yang lolos saringan No. 200 mengikuti manual SNI 03-4142-1996. Persentase lolos saringan ditentukan melalui pengujian analisis agregat halus dan kasar.

3. Daya Lekat Aspal Terhadap Agregat

Daya lekat aspal terhadap agregat dipengaruhi oleh sifat agregat terhadap air. Granit dan agregat yang mengandung silica merupakan agregat yang bersifat *hydrophilic*, yaitu agregat yang mudah diresapi air, hal ini menyebabkan agregat tersebut tidak mudah dilekati aspal, ikatan aspal dengan agregat mudah lepas. Sebaliknya agregat seperti diorit, andesit, merupakan agregat *hydrophobic*, yaitu agregat yang tidak mudah terikat dengan air, tetapi mudah terikat dengan aspal.

4. Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan volume air. Agregat dengan berat jenis kecil mempunyai volume yang besar atau berat jenis ringan.



Gambar 1. Skema volume butir agregat
(Sumber: Sukirman, 2003:56)

Pada Gambar 1 di atas terlihat skema volume butir agregat, yang terdiri dari volume agregat massif (V_s), volume pori yang tidak dapat diresapi oleh air (V_i), volume pori yang diresapi air (V_p+V_c), dan volume pori yang dapat diresapi aspal (V_c).

$V_s+V_p+V_i+V_c$ = volume total butir agregat

$V_p+V_i+V_c$ = volume pori agregat

$$\text{Besarnya berat jenis efektif} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

B_k = berat benda uji kering oven, dalam gram

B_j = berat benda uji kering permukaan jenuh, dalam gram

B_a = berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air, dalam gram

Berat jenis agregat halus harus ditentukan dengan menggunakan SNI 03-1970–1990 dalam Sukirman (2003: 25).

D. Agregat Kasar

Menurut Sukirman (2003: 1) agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat. Ditinjau dari asal kejadiannya agregat kasar dibedakan menjadi 3 jenis yaitu:

1. Batuan Beku (*igneous rock*)

Batuan beku berbentuk kristal dan terbentuk dari proses pembekuan magma.

2. Batuan Sedimen (*sedimentary*)

Batuan yang berbentuk baik dari perbandingan bahan atau material yang tidak larut dari pecahan batuan yang ada atau sisa anorganik dari binatang laut.

3. Batuan *Metamorf*

Batuan yang berasal dari batuan sedimen atau batuan beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperatur dari kulit bumi. Berdasarkan pengolahannya agregat dibedakan atas:

- a) Agregat Alam

Agregat alam adalah agregat yang dapat dipakai langsung sebagai bahan perkerasan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi (Degradasi adalah perubahan gradasi karena adanya penghancuran). Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan dari proses pembentukannya. Aliran air sungai membentuk partikel bulat dengan permukaan yang licin. Degradasi agregat dibuktikan

membentuk partikel yang bersudut dengan permukaan yang kasar. Dua bentuk agregat alam yang sering digunakan adalah pasir dan kerikil.

b) Agregat yang Mengalami Proses Pengolahan

Proses pengolahan diperlukan karena agregat yang berasal dari gunung atau bukit, sungai masih banyak dalam bentuk bongkahan besar sehingga belum dapat langsung digunakan sebagai agregat konstruksi perkerasan jalan. Tujuan dari pengolahan ini adalah:

- (1) Bentuk partikel bersudut, di usahakan berbentuk kubus.
- (2) Partikel kasar sehingga memiliki gaya gesekan yang baik.
- (3) Gradasi sesuai dengan yang diinginkan.

Proses pemecahan agregat sebaiknya menggunakan mesin pemecah batu (*crusher stone*) sehingga ukuran-ukuran partikel dapat dikontrol.

c) Agregat Buatan

Agregat ini dibuat dengan alasan khusus, yaitu agar mempunyai daya tahan tinggi dan ringan untuk digunakan konstruksi. Agregat kasar harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- (1) Abrasi adalah perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan No. 12 (1.70 mm) terhadap berat semula maksimal 40%. Abrasi berfungsi untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan.
- (2) Ketahan terhadap aspal adalah penahanan aspal sesuai pelapisan dan pengelupasan 95%. Kelekatan terhadap aspal berfungsi untuk mengetahui sifat *adhesive* agregat terhadap aspal.

- (3) Berat jenis semu agregat minimum 2.5 (Peraturan No. 13/PT/B1987/ Ditjen Bina Marga). Berat jenis semu adalah perbandingan antar agregat-agregat kering dengan air sulingan yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
- (4) *Soundness* berfungsi untuk mengetahui ketahanan agregat terhadap kerusakan yang disebabkan oleh bahan kimia.
- (5) Absorpsi penyerapan adalah persentase yang dapat diserap pori-pori agregat terhadap berat kering. Di bawah ini merupakan tabel persyaratan untuk agregat kasar dari Departemen Pekerjaan Umum, Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Beton Aspal No. 12/PT/B/1983.

Tabel 2. Persyaratan Agregat Kasar.

No	Jenis pengujian	Standar		Syarat	Satuan
		AASHTO	Bina Marga		
1	Abrasi	T-96-74	PB-0206-76	Max.40	%
2	Kelekatan terhadap aspal	T-182	PB-0205-76	95	%
3	BJ semu	T-85-74	PB-0202-76	>2,50	
4	<i>Absorpsi</i>	T-85-74	PB-0202-76	<3	%

E. Agregat Halus

Agregat halus harus terdiri atas bahan-bahan yang berbidang kasar bersudut, tajam dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki. Agregat halus bisa terdiri atas pasir bersih dan bahan-bahan halus hasil pecahan batu atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut dalam keadaan kering. Agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- 1) Berat jenis semu minimum agregat harus 2,5 (Peraturan No. 13/PT/B1987/ Ditjen Bina Marga).
- 2) Nilai *sand equivalent* kurang dari 50% tidak diperkenankan dalam campuran (80% lebih baik) (Peraturan No. 13/PT/B1987/ Ditjen Bina Marga), dibawah ini merupakan Tabel 3 persyaratan agregat halus:

Tabel 3. Persyaratan Agregat Halus.

No	Jenis pengujian	Standar		Syarat	Satuan
		AASHTO	Bina Marga		
1	BJ Semu	T-85-74	PB-0202-76	>2,50	-
2	Absorpsi	T-85-74	PB-0202-76	<3	%

F. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi dapat terdiri atas debu batu kapur, debu dolomite, semen Portland, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya. Bahan pengisi yang merupakan mikro agregat ini harus lolos saringan No. 200 (0,075 mm).

Fungsi bahan pengisi adalah untuk meningkatkan kekentalan bahan bitumen dan untuk mengurangi sifat rentan terhadap temperatur. Keuntungan

lain dengan adanya bahan pengisi adalah banyak terserap dalam bahan bitumen maka volumenya akan naik.

Terlalu tinggi akan kandungan bahan pengisi bisa menyebabkan campuran menjadi getas dan mudah retak bila terkena beban lalu lintas, namun dilain pihak bila terlalu sedikit bahan pengisi akan menghasilkan campuran yang lembek pada cuaca panas. Para peneliti telah sepakat menaikkan kuantitas bahan pengisi (*filler*) akan menyebabkan peningkatan stabilitas dan mengurangi rongga udara dalam campuran, namun ada batasnya. Terlalu tinggi kandungan bahan pengisi bisa menyebabkan campuran menjadi getas dan mudah retak bila terkena beban lalu lintas, namun dilain pihak bila terlalu sedikit bahan pengisi akan menghasilkan campuran yang lembek pada cuaca panas.

G. Serat *Polypropylene*

Serat *polypropylene* berasal dari monomer C_3H_6 merupakan hidrokarbon murni. Berdasarkan Dian (2012: 28-30) bahwa bahan ini dibuat dengan polimerisasi, merupakan molekul yang berat dan proses produksinya sampai menjadi serat gabungan untuk memberikan sifat-sifat yang berguna pada serat *polypropylene*. antara lain sebagai berikut:

- a. Susunan atom biasa dalam molekul *polymer* dan kristalisasi tinggi bernama *Isotactic Polypropylene*.
- b. Memiliki titik leleh yang tinggi $165^{\circ}C$ dan mampu digunakan pada temperatur $100^{\circ}C$ dalam waktu yang lebih singkat.

- c. Memiliki kekakuan kimia yang menyebabkan bahan kuat terhadap hampir semua bahan kimia.
- d. Memiliki permukaan yang *Hidrophobic*, tidak akan basah terkena pasta semen, membantu mencegah pukulan pada serat dan mengembang pada saat pencampuran, atau terletak pada tempat yang tidak perlu air.
- e. Matriks semen dapat menembus struktur rapat antara serabut sendiri dan membuat ikatan mekanik antara serat dan matriks.

Sifat-sifat yang dapat diperbaiki oleh serat *polypropylene* tersebut antara lain:

- a. Daktilitas berhubungan dengan kemampuan dalam menyerap energi.
- b. Ketahanan terhadap beban kejut (*impact resistance*).
- c. Kemampuan menahan tarik dan momen lentur.
- d. Ketahanan terhadap kelelahan.
- e. Ketahanan pengaruh susutan (*Shrinkage*).
- f. Ketahanan Aus.
- g. Ketahanan *Spalling*.

Adapun kelemahan-kelemahan dari serat *polyprpylene*:

- a. Modulus elastisitas yang rendah, berarti dengan adanya serat menurunkan ketahanan retak dari komposit. Dan hasil desakan sangat luas sebelum retak yang kompleks terjadi secara menyeluruh.
- b. Ikatan yang rapuh antara serat dan matriks berakibat pada kuat tarik rendah.

- c. Serangan matahari dan oksigen, untuk melindungi *polypropylene* terhadap radiasi *ultraviolet* dan oksidasi pabrikan biasanya menjadi penstabil pada pigmen dan hasilnya dapat diterima.

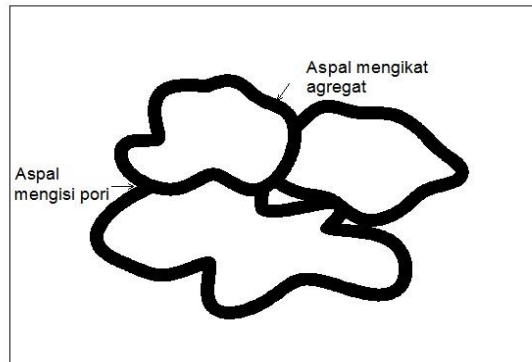
H. Fungsi Aspal sebagai Material Perkerasan Jalan

Aspal yang dipergunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan sesama aspal.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada dalam butir agregat itu sendiri.

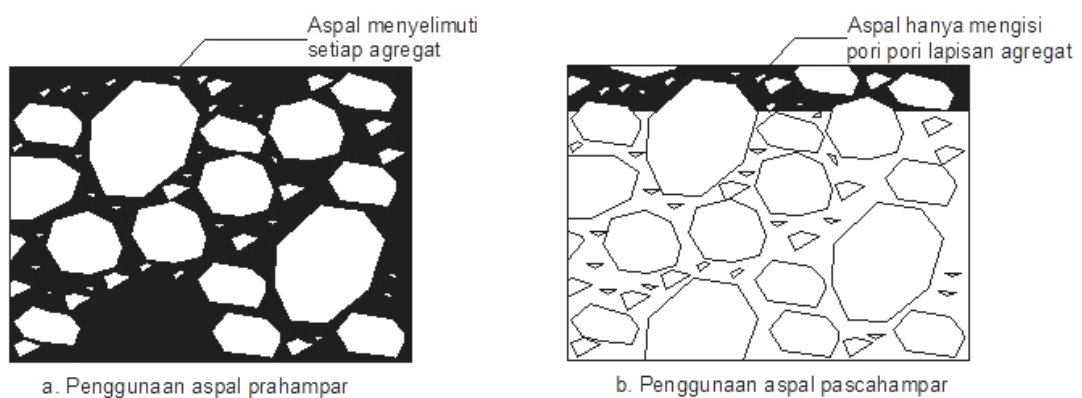
Untuk dapat memenuhi fungsi kedua aspal itu dengan baik, maka aspal tersebut haruslah memiliki sifat adhesi dan kohesi yang baik, serta pada saat dilaksanakan mempunyai tingkat kekentalan tertentu. Penggunaan aspal pada perkerasan jalan dapat melalui dicampurkan pada agregat sebelum dihamparkan (prahampar), seperti lapisan beton aspal atau disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan dan ditutupi oleh agregat yang lebih halus (pasca hampar).

Fungsi utama aspal untuk kedua jenis proses pembentukan perkerasan yaitu proses pencampuran prahampar, dan pascahampar itu berbeda. Pada proses prahampar aspal yang dicampur dengan agregat akan membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori antar butir, dan meresap kedalam pori masing-masing butir.



Gambar 2. Fungsi aspal pada setiap butir agregat
(Sumber: Sukirman, 2003:66)

Pada proses pasca hampar, aspal disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan, lalu di atasnya ditaburi butiran agregat halus. Pada proses ini aspal akan meresap pada pori-pori antar butir agregat di bawahnya. Fungsi utamanya adalah menghasilkan lapisan perkerasan bagian atas yang kedap air dan tidak mengikat agregat sampai ke bawah. Ilustrasi tentang aspal untuk setiap butir agregat digambarkan pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Perbedaan fungsi aspal pada lapisan jalan
(Sumber: Sukirman, 2003: 54-55)

I. Parameter dan Formula Perhitungan

Parameter dan formula untuk menganalisa campuran aspal panas (Sukirman, 2003: 96-98) adalah sebagai berikut :

1. Berat Jenis *Bulk* dan *Apparent* Total Agregat

Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi/*filler* yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering (*bulk spesific gravity*) dan berat jenis semu (*apparent grafity*). Setelah didapatkan Kedua macam berat jenis pada masing-masing agregat pada pengujian material agregat maka berat jenis dari total agregat tersebut dapat dihitung dalam persamaan berikut :

a. Berat jenis kering (*bulk spesific gravity*) dari total agregat

$$Gsb_{total agregat} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{Gsb_1} + \frac{P_2}{Gsb_2} + \frac{P_3}{Gsb_3} + \dots + \frac{P_n}{Gsb_n}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

Gsb_{total agregat} : Berat jenis kering agregat gabungan,

Gsb₁, Gsb₂, Gsb : Berat jenis kering dari masing-masing agregat
1, 2, 3..n,

P₁, P₂, P₃, : Prosentase berat dari masing-masing agregat, (%)

b. Berat jenis semu (*apparent spesific gravity*) dari total agregat

$$Gsa_{total agregat} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{Gsa_1} + \frac{P_2}{Gsa_2} + \frac{P_3}{Gsa_3} + \dots + \frac{P_n}{Gsa_n}} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

G_{satot} agregat : Berat jenis semu agregat gabungan,

G_{sa1}, G_{sa2}...G_{san} : Berat jenis semu dari masing-masing agregat
1,2,3..n

P₁, P₂, P₃, ... : Prosentase berat dari masing-masing agregat.

2. Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis maksimum campuran (G_{mm}) diukur dengan AASHTO T.209-90, maka berat jenis efektif campuran (G_{se}), kecuali rongga udara dalam partikel agregat yang menyerap aspal dapat dihitung dengan rumus berikut yang biasanya digunakan berdasarkan hasil pengujian kepadatan maksimum teoritis.

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm} \cdot P_b}{P_{mm} \cdot G_b}} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

G_{se} : Berat jenis efektif/ *efektive spesific gravity*,

G_{mm} : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan

P_{mm} : Persen berat total campuran (=100)

P_b : Prosentase kadar aspal terhadap total campuran, (%)

P_s : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)

G_b : Berat jenis aspal

Berat jenis efektif total agregat dapat ditentukan juga dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$G_{se} = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

G_{se} : Berat jenis efektif/ *efektive spesific gravity*,

G_{sb} : Berat jenis kering agregat / *bulk spesific gravity*,

G_{sa} : Berat jenis semu agregat / *apparent spesific gravity*,

3. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran, G_{mm} pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Berat jenis maksimum dapat ditentukan dengan T 209-90. Ketelitian hasil uji terbaik adalah bila kadar aspal campuran mendekati kadar aspal optimum. Sebaliknya pengujian berat jenis maksimum dilakukan dengan benda uji sebanyak minimum dua buah (duplikat) atau tiga buah (triplikat). Selanjutnya Berat Jenis Maksimum (G_{mm}) campuran untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung menggunakan berat jenis efektif (G_{se}) rata-rata sebagai berikut:

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

G_{mm} : Berat jenis maksimum campuran,

P_{mm} : Persen berat total campuran (=100)

P_s : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)

P_b : Prosentase kadar aspal terhadap total campuran, (%)

G_{se} : Berat jenis efektif/ *efektive spesific gravity*,

G_b : Berat jenis aspal,

4. Kadar Aspal Efektif

Kadar aspal efektif (P_{be}) campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya akan menentukan kinerja perkerasan beraspal. Rumus Kadar aspal efektif adalah :

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} P_s \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

P_{be} : Kadar aspal efektif, persen total campuran, (%)

P_b : Kadar aspal, persen total campuran, (%)

P_{ba} : Penyerapan aspal, persen total agregat, (%)

P_s : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)

J. Jenis-jenis Gelombang

Gelombang dapat dibagi menjadi empat jenis menurut penyebaran gelombang ketika permukaan benda elastis dibebani oleh beban dinamis atau pun beban bergetar, yaitu:

1. Gelombang geser (Gelombang Transversal)

Gelombang transversal merupakan gelombang yang mempunyai arah getaran yang tegak lurus terhadap arah rambatnya. Karena arah getarannya tegak lurus terhadap arah rambatnya, maka bentuk gelombang ini melengkung ke atas dan melengkung kebawah, seperti gunung dan

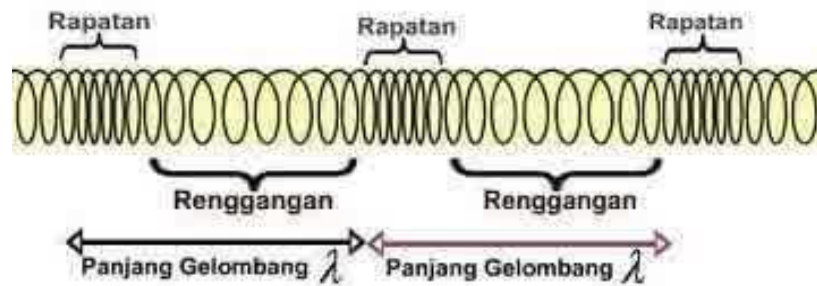
lembah. Gelombang transversal dapat dilihat pada gelombang air dan gelombang tali. Berikut ini merupakan ilustrasi dari gelombang transversal.



Gambar 4. Gelombang transversal
(Sumber: Lutfi, 2013: 3)

2. Gelombang kompresi (Gelombang longitudinal)

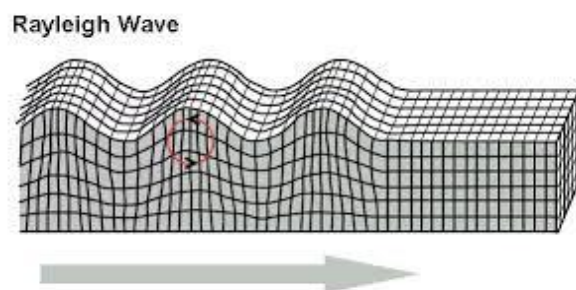
Gelombang longitudinal merupakan gelombang dengan arah rambat dan getaran yang sama arahnya. Gerakan gelombang ini dari medium gelombang searah dengan propagasi gelombang. Salah satu contoh dari gelombang longitudinal adalah bunyi. Yang menjadi perantara pada gelombang bunyi adalah udara. Udara adalah medium yang secara bergantian merapat dan merenggang karena adanya perpindahan tempat (pergeseran getaran) (berpindah tempat). Berikut ini merupakan ilustrasi dari gelombang longitudinal:



Gambar 5. Gelombang longitudinal
(Sumber: Desiana, 2010: 4)

3. Gelombang permukaan (gelombang *Rayleigh*)

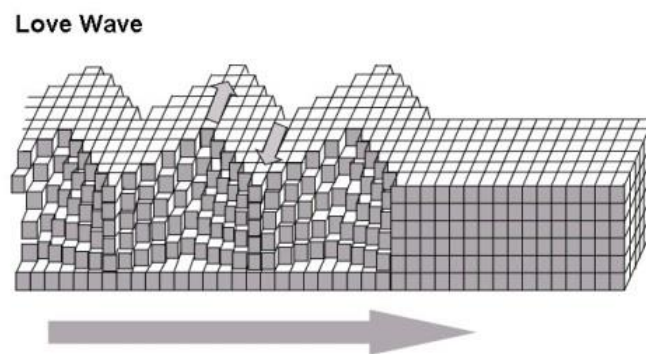
Gelombang *Rayleigh* adalah gelombang permukaan yang terjadi karena ada interferensi antara gelombang tekan dengan gelombang geser secara konstruktif dan merambat pada *medium half space*. Karakteristik dari gelombang *Rayleigh* adalah amplitudonya menurun bahkan berkurang secara eksponensial terhadap kedalaman di bawah permukaan. Gelombang ini pada umumnya memiliki frekuensi rendah dengan spektrum yang tidak tajam. Gelombang *Rayleigh* sangat baik digunakan untuk mengidentifikasi masalah struktur tanah.



Gambar 6. Gelombang *Rayleigh*
(Sumber: Diana, 2013: 3)

4. Gelombang Love

Gelombang love termasuk kategori gelombang permukaan. Gelombang ini diberi nama sesuai dengan penemunya, yaitu Augustus Edward Hough Love. Gelombang Love adalah gelombang yang tercepat dan dapat menggerakkan tanah dari samping ke samping. Berikut merupakan contoh gerakan gelombang love.



Gambar 7. Gelombang Love
(Sumber: Diana, 2013: 4)

Hubungan frekuensi f dan gelombang λ dari pergerakan penyebaran gelombang dengan kecepatan adalah: $V = f \cdot \lambda$, frekuensi dalam satuan *Hertz* atau putaran/detik dan panjang gelombang dalam satuan jarak misal (mm). Peningkatan frekuensi diiringi menurunnya panjang gelombang, dan demikian sebaliknya. Saat rambatan gelombang menjalar pada permukaan yang berbeda *propertiesnya*, sebagian energi gelombang akan tersebar dari lintasan awalnya. Sebagai contoh adalah rongga, retak, dan butir agregat dalam beton berperan untuk menyebarkan energi utama gelombang tekan dari lintasan awalnya. Untuk beton, batas atas frekuensi yang dapat dipakai yaitu kira-kira 500 kHz, sehingga dihasilkan panjang

lintasan kira-kira 10 mm, dimana sama dengan ukuran agregat kasar. Sebagai akibatnya, panjang lintasan itu dapat efektif dijelajahi pada batas atas frekuensi ini sebelum kecepatan gelombang menyebar seluruhnya hanya dalam beberapa *centimeter*. Panjang lintasan yang lebih besar dapat dijelajahi menggunakan frekuensi yang lebih rendah (*wave length*) besar, sebuah frekuensi sebesar 20 kHz biasanya dapat menjelajah lebih dari 10 m pada beton.

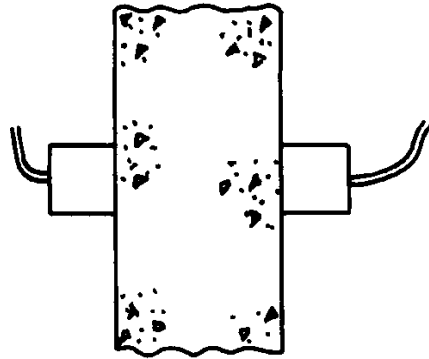
K. *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV)

Penggunaan *Non-Destructif Test* (NDT) adalah sesuatu hal baru yang menarik. Karena pengujian tersebut dapat menganalisis kondisi struktur dengan tidak merusak benda uji. NDT telah didefinisikan sebagai metode yang digunakan untuk menguji suatu proyek, materi, atau sistem tanpa merusak kegunaan benda uji. Hal tersebut merupakan salah satu keuntungan utama dari metode NDT. Metode ini juga digunakan untuk memeriksa variasi yang ada dalam struktur, keretakan, perubahan bentuk, dan lain-lain.

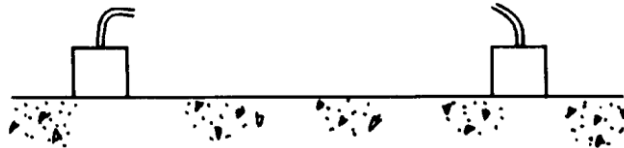
Salah satu peralatan pengujian yang dapat memungkinkan menggunakan metode NDT adalah pengujian menggunakan gelombang ultrasonik. *Ultrasonic Pulse Velocity* atau biasa disingkat UPV adalah pengujian NDT campuran aspal dengan menggunakan kecepatan gelombang ultrasonik untuk meneliti sifat campuran aspal.

Dengan pengujian UPV, campuran aspal yang pematatannya kurang baik akan terdeteksi. Hal tersebut dapat dilihat ketika gelombang UPV mengalami penurunan kecepatan. Pada Pengujian UPV dapat dilakukan

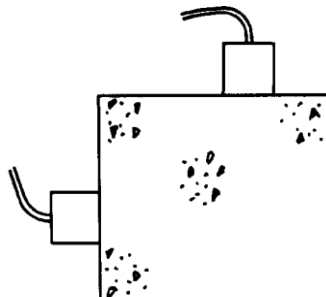
dengan 3 cara, yaitu langsung (*direct*), tidak langsung (*indirect*), dan semi langsung (*semi direct*). Berikut ini adalah contoh gambar pelaksanaan pengujian UPV.



Gambar 8. Langsung (*direct*)
(Sumber: Bungey, 1996)



Gambar 9. Tidak langsung (*indirect*)
(Sumber: Bungey, 1996)



Gambar 10. Semi langsung (*semi direct*)
(Sumber: Bungey, 1996)

Dari ketiga pengujian di atas, metode *direct* adalah metode yang paling memuaskan dalam pengukuran kecepatan perambatan gelombang ultrasonik. Meskipun demikian keakuratan metode *direct* juga harus melihat keadaan fisik aspal. Metode semi *direct* terkadang dapat mengukur kecepatan gelombang dengan hasil yang memuaskan jika jarak antara transducer dan receiver tidak terlalu jauh. Sedangkan metode *indirect* adalah metode yang paling tidak memuaskan, karena sinyal yang diterima lebih rendah sebesar 3% dari pada metode *direct*. Dan juga pada metode ini sering terjadi error.

Prinsip penggunaan metode *Ultrasonic Pulse Velocity* didasarkan pada kecepatan gelombang tekan yang melintasi sebuah benda yang tergantung pada *elastic properties* dan kepadatan bendanya. Menurut ASTM C597-02 2003. Cara kerja *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) yaitu *transducer* pengirim (*transmitter*) mengirimkan gelombang dan ditangkap oleh *transducer* penerima (*receiver*) yang terletak sejauh L dari *transmitter*. Alat *Ultrasonic Pulse Velocity* menampilkan besarnya waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk melalui benda uji yang disebut *travel time*. Dengan demikian kecepatan gelombang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

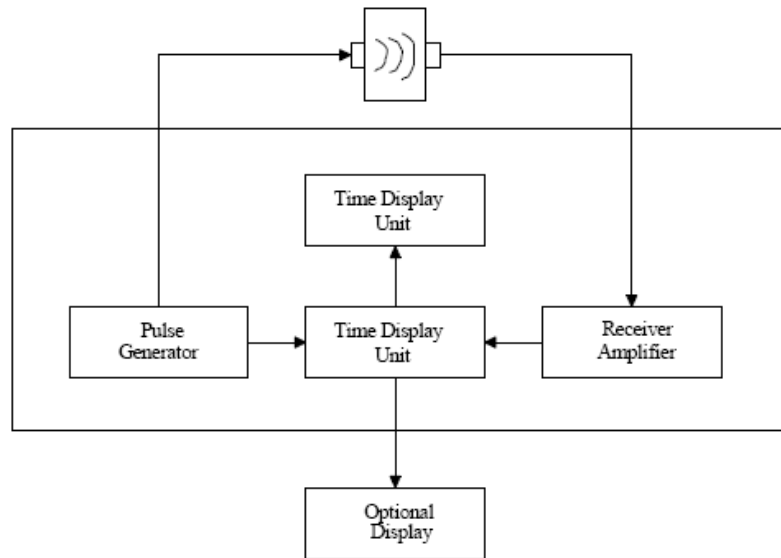
$$V = \frac{L}{\Delta_t} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

V : kecepatan perambatan gelombang ultrasonik (km/s)

L : panjang lintasan gelombang (m)

Δ_t : *travel time* (s)



Gambar 11. Skema cara alat kerja UPV
(Sumber: ASTM C597-02 2003)

Pengiriman dan penerimaan gelombang dapat berjalan dengan baik, jika *transducer* harus terhubung seluruhnya ke obyek yang diuji, karena jika ada kantong udara yang terperangkap, kemungkinan dapat menyebabkan kesalahan pada pembacaan *travel time*, untuk menghindari hal tersebut maka digunakan *couplant*. *Couplant* yang disediakan di pasaran antara lain minyak teer (*petroleum jelly*), pelumas (*grease*), sabun cair dan pasta *kaolin-glyserol*. Penggunaan *couplant* harus setipis mungkin, namun jika permukaan benda uji Marshall sangat kasar maka digunakan *grease* yang lebih tebal. Perataan dilakukan sebelum pelaksanaan uji UPV. Sewaktu pelaksanaan uji UPV, *transducer* diberi tekanan yang konstan, ulangi pembacaan pada tempat yang sama, sampai didapat nilai *travel time* minimum.

L. Kajian Penelitian yang Relevan

Faqih (2011: 96) di Indonesia meneliti tentang analisis homogenitas *self compacting mortar* menggunakan serat *polypropylene* berdasarkan kecepatan perambatan gelombang ultrasonik (UPVM). Hasil analisis dengan menggunakan *one-way anova* pada kecepatan perambatan gelombang ultrasonik menunjukkan bahwa nilai keempat sampel berbeda. Nilai *Asymp Sig* (2-tailed) ($\alpha < 0,05$) yang berarti H_0 ditolak. Sedangkan hasil analisis varians untuk mengetahui homogenitas beton didapatkan nilai *Asymp Sig* (2-tailed) ($\alpha > 0,05$) yang berarti bahwa H_0 diterima. Dengan adanya nilai varians yang sama, maka dapat dikatakan bahwa seluruh sampel beton berserat *Self compacting mortar* (SCM) pada penelitian ini adalah *homogen*.

Lorenzi (2007: 1) meneliti pengaruh variasi agregat pada kekuatan beton melalui pengujian *Non Destructive Test* (NDT) dengan menggunakan metode *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV). Hasil tes *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) adalah pengujian yang cukup sensitif untuk menganalisis variasi homogenitas dan kepadatan beton. Hasil Penelitian menunjukkan bagaimana variasi agregat mempengaruhi hasil pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV). Data menunjukkan bahwa kondisi perawatan dan jenis agregat yang digunakan mempunyai efek lebih terhadap hasil pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dibandingkan dengan pengujian destruktif eksperimen.

Arabani (2012: 111) meneliti tentang penggunaan kecepatan rambat gelombang ultrasonik dengan metode *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) sebagai penilaian sifat campuran *Hot Mix Asphalts* (HMA). Banyak faktor yang

mempengaruhi sifat mekanik dari campuran *Hot Mix Asphalts* (HMA) seperti persentasi keretakan, kadar aspal suhu, dan kadar *filler*. Berdasarkan pengujian hal tersebut akan berguna untuk mempelajari hubungan antara kekakuan (*Stiffnes Modulus*) Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi hasil tes *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dari campuran HMA berkaitan dengan perubahan gradasi, *filler*, dan kandungan aspal yang diuji. Penilaian hasil tes *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dilakukan dengan cara membandingkan nilai modulus elastisitas dari spesimen *Hot Mix Asphalts* (HMA) pada pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dan modulus kekakuan dengan menggunakan pengujian *Indirect Tensile Stiffness Modulus* (ITSM).

Marjuni (2016: 132) di Indonesia meneliti tentang homogenitas pada material benda uji balok Dinding *Sandwich Styrofoam* (DSS) yang berpengaruh pada karakteristik seperti tingkat akurasi yang baik disaat pembacaan kecepatan gelombang ultrasonik UPV. Dari penelitian tersebut disimpulkan homogenitas Dinding *Sandwich Styrofoam* (DSS) ditinjau berdasarkan kecepatan gelombang ultrasonik diperoleh hasil analisis standar deviasi 0,0448 pada taraf signifikan 0,05 yang menyatakan bahwa Dinding *Sandwich Styrofoam* (DSS) adalah *homogen*.

Galeh (2016: 90) di Indonesia meneliti tentang nilai *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dan nilai karakteristik *Marshall* menggunakan bahan pengikat aspal AC 60/70 dengan menggunakan agregat bantak tanpa serat *polypropylene* dan agregat bantak ditambahkan serat *polypropylene*. Hasilnya nilai rerata kecepatan agregat bantak tanpa serat *polypropylene* lebih besar

dibanding agregat bantak dengan serat *polypropylene*. Setyanto (2016: 85) di Indonesia meneliti penggunaan variasi agregat terhadap kuat tarik belah dan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) terhadap benda uji *Marshall*. Fajar (2016: 92) menganalisis dengan menggunakan SPSS 22 dan ditinjau dari UPV metode *direct*.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode

Penelitian pada proyek akhir ini menggunakan metode eksperimen. Menurut Sugiyono, (2011:14), metode eksperimen merupakan penelitian yang menggunakan kelompok kontrol sebagai pembanding untuk kelompok yang dikenakan perlakuan eksperimental. Metode eksperimen juga mensyaratkan sedikitnya dua variable/kelompok dalam setiap percobaan. Menurut Fraenkel, dkk (2012:265), metode ini merupakan metode satu-satunya jenis penelitian yang secara sengaja/langsung bertujuan untuk mempengaruhi suatu variable lain. Dan jika hiptesis benar, maka penelitian dianggap berhasil. Dalam penelitian ini, variable dikelompokkan menjadi delapan yang terdiri dari berbagai bahan.

Bertempat di Laboratorium Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, penelitian terhadap bahan yang sudah dikelompokkan dilakukan secara bertahap. Tahap pertama yakni pengujian bahan meliputi agregat (kasar, halus dan *filler*) dan aspal AC 60/70. Tahap kedua adalah pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) terhadap *flexible pavement*. Pengujian bahan berupa agregat meliputi analisa saringan dan pemeriksaan berat jenis. Untuk aspal, pengujian meliputi uji penetrasi, uji titik nyala-titik bakar, uji titik lembek, dan uji berat jenis. Untuk pengujian UPV terhadap *flexible pavement*, penelitian ini menggunakan metode *indirect*.

Pada penelitian ini prosedur maupun standar pengujian mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan AASHTO. Acuan ini diperlukan untuk mempertahankan kaidah-kaidah nasional maupun internasional dalam penelitian ini.

Komposisi agregat pada penelitian ini dilakukan dengan model acak dan menghasilkan delapan (8) *variants*. Model ini ditetapkan guna mengetahui komposisi terkuat dari setiap *variants*. Model yang dilakukan ini juga memenuhi syarat metode penelitian eksperimen laboratorium, dimana syarat utamanya adalah perbandingan kelompok dan secara sengaja mempengaruhi satu variabel dengan variabel yang lain.

B. Variabel Penelitian

Variable merupakan sesuatu yang dijadikan objek penelitian, atau faktor yang berperan dalam penelitian. Variabel penelitian, menurut Sugiyono (2012:61) adalah suatu atribut, nilai, sifat, maupun objek, yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan peneliti kemudian dipelajari dan ditarik kesimpulan. Pada penelitian ini telah ditentukan tiga (3) variable, yakni:

1. Variabel Bebas/Variabel Independen

Variabel bebas merupakan suatu variable yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab dalam sebuah penelitian (Sugiyono, 2011:61). Variabel bebas juga bisa dibilang merupakan variable yang mempengaruhi timbulnya variabel terikat. Variabel bebas yang terdapat pada penelitian ini adalah variasi agregat kasar dan halus.

2. Variabel Terikat/Variabel Dependen

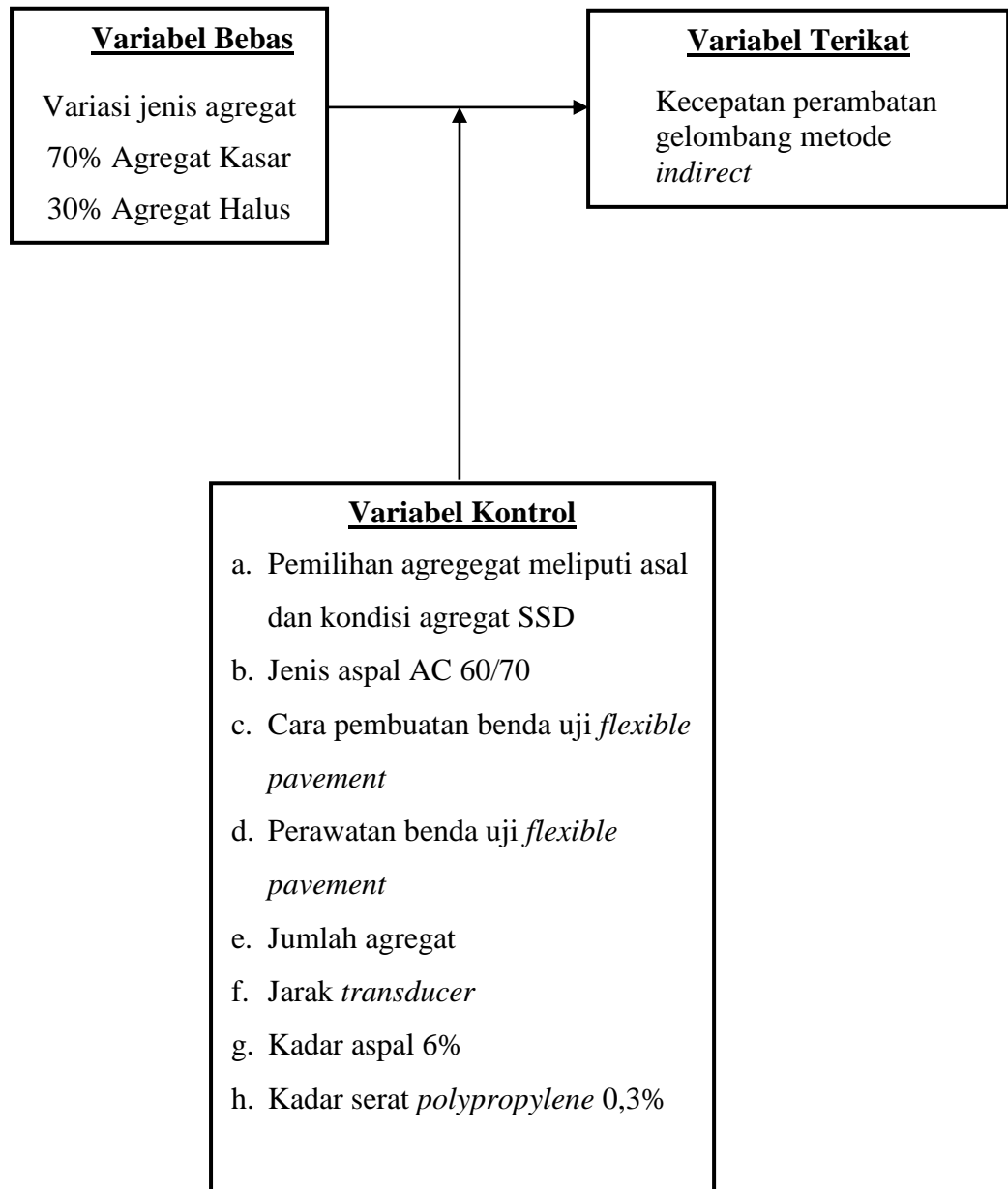
Variabel terikat atau variabel dependen adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat yang ada pada penelitian ini adalah variasi agregat maksimum berdasarkan kecepatan gelombang.

3. Variabel Kontrol

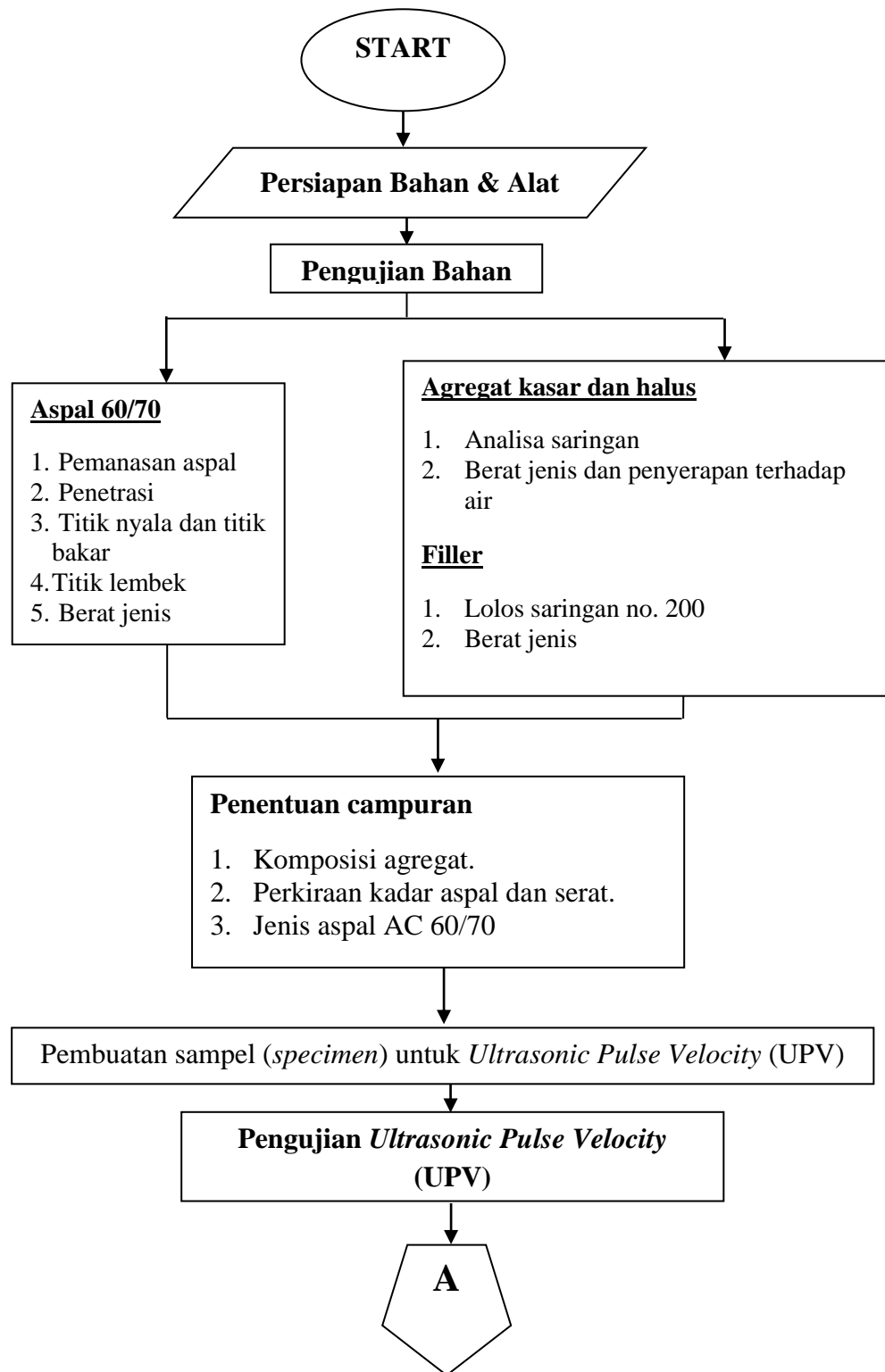
Variabel kontrol adalah variabel konstan yang digunakan untuk melihat pengaruhnya terhadap variabel lain. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kecepatan gelombang ultrasonik:

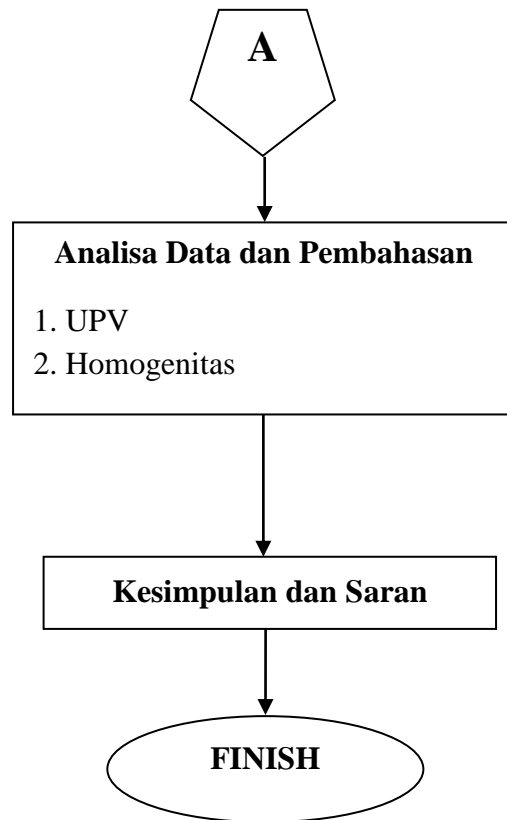
- a) Asal dan kondisi agregat SSD
- b) Jenis aspal AC 60/70
- c) Cara pembuatan benda uji *flexible pavement*
- d) Perawatan benda uji dengan dianginkan selama 15 menit
- e) Kadar *filler* bantak, clereng, pasir progo dan semen masing-masing 27,79 gram
- f) Jarak *transducer* panjang benda uji dibagi 5 (mm)
- g) Kadar aspal 6 %
- h) Kadar serat *polypropylene* 0,3%

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar di bawah ini:



Gambar 12. *Flowchart* hubungan variable





Gambar 13. Bagan alir penelitian

C. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Agregat

Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan yaitu:

- a. Agregat Bantak yang didapat dari Kali Bantak, Klaten.
- b. Agregat Clereng yang didapat dari Sungai Clereng, Sendangsari, Pengasih, Kulon Progo.
- c. Agregat Pasir Progo yang didapat dari TB. Unggul Jaya

d. Agregat Pasir Krasak yang didapat dari TB. Sinar Merdeka



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 14. (a). Agregat Bantak, (b). Agregat Clereng, (c). Agregat Pasir Progo, (d). Agregat Pasir Krasak

2. Bahan pengisi (*filler*)

Bahan pengisi atau *filler* menggunakan hasil ayakan yang didapat dari agregat Bantak, Clereng, Progo dan Semen.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 15. (a). *Filler Bantak*, (b). *Filler Clereng*, (c). *Filler Pasir Progo*, (d). *Filler Semen*

3. Aspal

Aspal digunakan sebagai bahan pengikat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal itu sendiri. Aspal juga sebagai bahan pengisi rongga antar butir agregat. Aspal yang digunakan sesuai dengan SNI dan AASHTO, aspal yang digunakan yaitu aspal AC 60/70 produksi PT. Aspal Mitra Cilacap.



Gambar 16. Aspal AC 60/70

4. Serat

Serat yang digunakan yaitu serat *polypropylene* yang didapat dari laboratorium Bahan Bangunan Universitas Negeri Yogyakarta.



Gambar 17. Serat *polypropylene*

D. Peralatan Penelitian

1. Peralatan Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat meliputi pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air. Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat antara lain:

a. Saringan / Ayakan

Saringan atau ayakan untuk mendapatkan ukuran yang disyaratkan oleh SNI-M-02-1994-03 atau AASHTO T11-90. Prosedur ini diikuti untuk mendapatkan agregat dengan ukuran/besaran tertentu. Ayakan yang dipakai dalam penelitian ini terdiri dari ukuran 3/4", 1/2", 3/8", #4, #8, #30, #100, #200 dan pan.



Gambar 18. Ayakan

b. Oven

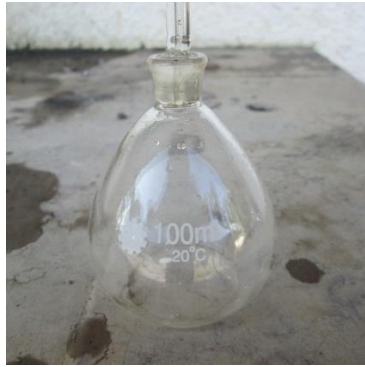
Digunakan untuk menghilangkan kadar air dalam agregat atau untuk mengeringkan agregat. Oven yang digunakan sesuai SNI 03-1971-1990 dengan suhu kurang lebih 105°C .



Gambar 19. Oven

c. *Picnometer*

Alat ini digunakan untuk menguji atau mengetahui berat jenis agregat. Picnometer yang dipakai dalam penelitian ini sesuai dengan syarat SNI 03-1970-1990.



Gambar 20. *Picnometer*

d. Timbangan

Digunakan untuk menimbang agregat yang akan diuji. Kapasitas timbangan 2 kg dengan ketelitian 0.1 gram, timbangan yang digunakan sesuai dengan SNI 03-1970-1990.



Gambar 21. Timbangan

2. Peralatan Pemeriksaan Aspal

Pemeriksaan aspal meliputi pemeriksaan:

a. Uji Penetrasi

Pengujian penetrasi ini sangat dipengaruhi oleh faktor berat beban total, ukuran sudut, kehalusan permukaan jarum, temperatur

dan waktu. Maka penyusunan ukuran agregat perlu dilakukan dengan rinci. Karena komposisi ukuran agregat akan mempengaruhi waktu dan beban yang digunakan sebagai tujuan dalam penetrasi aspal. Uji penetrasi yang dilakukan sesuai dengan SNI 06-2456-1991.



Gambar 22. Alat uji penetrasi aspal.

b. Uji titik lembek

Titik lembek adalah titik dimana bola baja mendesak turun permukaan aspal. Proses atau waktu penurunan ini lalu diamati dan dicatat, hingga bola baja jatuh dari ketinggian 24,4 mm. Uji titik lembek yang dilakukan mengacu pada SNI 06-2434-1991.



Gambar 23. Alat uji titik lembek.

c. Uji titik nyala dan uji titik bakar

Titik nyala dan titik bakar perlu diketahui untuk memperkirakan temperatur maksimum pemanasan aspal sehingga aspal tidak terbakar. Dalam pengujian ini, aspal diletakan dalam *cleveland cup* dan diletakan pada open pemanas. Uji titik nyala dan titik bakar sesuai dengan SNI 06-2433-1991.



Gambar 24. Alat uji titik nyala dan titik bakar.

d. Uji berat jenis (piknometer dan timbangan)

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air. Pengujian berat jenis aspal sesuai dengan SNI 06-2441-1991.



Gambar 25. Alat uji berat jenis aspal.

3. Alat uji karakteristik campuran agregat aspal

Alat-alat yang digunakan untuk penelitian dalam pengujian kuat lentur balok aspal meliputi:

- a. Cetakan benda uji dengan tinggi 5 cm, lebar 5 cm, dan panjang 35 cm yang dibuat dari baja dan penutup samping dari kayu. Untuk mengeluarkan benda uji dari cetakan dengan cara melepas bagian-bagian cetakan.



Gambar 26. Cetakan benda uji balok beton aspal.

- b. Penumbuk menggunakan palu yang terbuat dari kayu. Pada bagian permukaan atas cetakan aspal dilapisi balok kayu dengan tujuan meratanya beban dari penumbuk. Ukuran pelapis balok kayu sama dengan ukuran benda uji yaitu lebar 5 cm dan panjang 30 cm.



Gambar 27. Penumbuk.

c. Kompor gas.

Digunakan untuk memanaskan aspal dan untuk memanaskan agregat dalam pembuatan beton aspal dengan cara *hot mix*.



Gambar 28. Kompor gas.

d. Perlengkapan lain:

1) *Thermometer*

Pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*) berkapasitas 250°C dan 100°C dengan ketelitian 0,5 atau 1% dari kapasitas sesuai dengan standar SNI 19-6421-2000.

Tabel 4. Spesifikasi Standar *Thermometer*

No. ASTM	Rentang
17C	19 sampai dengan 27°C
63C	8 sampai dengan 32°C
64C	25 sampai dengan 55°C

2) Jangka sorong.

Digunakan untuk mengukur tinggi dan diameter benda uji. Jangka sorong yang digunakan sesuai SNI 03-2823-1992, jangka sorong berfungsi untuk mengetahui ukuran dari suatu benda hingga

ketelitian yang akurat. Pada penelitian ini menggunakan jangka sorong ketelitian 0,05 mm.



Gambar 29. Jangka sorong

E. *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)*

Ultrasonic Pulse Velocity adalah pengujian yang menggunakan gelombang ultrasonik untuk mengetahui sifat-sifat benda uji. Metode yang dipakai adalah metode *indirect*. Dari pengujian UPV yang menggunakan metode *indirect* akan di dapatkan nilai travel time dan jarak *transducer*. Dengan menggunakan persamaan (2), maka kecepatan perambatan gelombang ultrasonik dapat diketahui. Berikut ini adalah gambar seperangkat alat yang digunakan untuk uji UPV.



Gambar 30. Peralatan uji UPV
(Sumber: Faqih, 2010)

Keterangan:

(1) *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV); (2) sekrap; (3) *transmitter* dan *receiver*; (4) kalibrator; (5) kabel untuk menghubungkan dari UPV ke *transmitter* dan *receiver*

F. Pegujian Bahan

1. Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar untuk perencanaan ini adalah agregat yang lolos saringan 3/4'' dan tertahan di atas saringan 2,36 mm atau saringan no.8. Agregat kasar dalam penelitian ini terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah. Menurut SNI (1990, 1991) ketentuan pengujian bahan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini:

Tabel 5. Ketentuan Agregat Kasar

No.	Karakteristik	Standar Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
	Agregat Kasar				
1	Analisa saringan	SNI03-1968-1990	-		
2	Berat jenis	SNI03-1969-1990	gr/cc	2,5	-
3	Penyerapan air	SNI03-1969-1990	%	-	3
4	Kadar air	SNI03-1971-1990	%	-	-
5	Kausan agregat	SNI 03-2417-1991	%	-	4

(Sumber: Sukirman, 2003)

2. Pengujian Agregat Halus

Agregat halus dari masing-masing bahan terdiri dari agregat yang lolos saringan no. 8 atau tertahan di saringan no. 200. Agregat halus hasil saringan diklasifikasi menurut ukuran dan sumbernya. Penempatannya pun harus hati-hati karena agregat harus terlindung. Ketentuan tentang agregat halus terdapat pada Tabel 6 di bawah ini:

Tabel 6. Ketentuan Agregat Halus

No.	Karakteristik	Standar Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
	Agregat Halus				
1	Analisa saringan	SNI03-1968-1990	-		
2	Berat jenis	SNI03-1969-1990	gr/cc	2,5	-
3	Penyerapan air	SNI03-1969-1990	%	-	3
4	Kadar air	SNI03-1971-1990	%	-	-

(Sumber: Sukirman, 2003)

3. Filler

Bahan pengisi atau *filler* didapatkan dari saringan no. 200. Sebaiknya *filler* juga harus bebas dari semua bahan yang tidak dikehendaki. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan. Bahan pengisi yang diuji pada penelitian ini adalah *filler* Bantak, Clereng, Progo dan Semen yang lolos saringan no.200.

Menurut SNI (1994) ketentuan tentang *filler* dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini:

Tabel 7. Ketentuan Agregat *Filler*

No.	Karakteristik	Standar Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
	<i>Filler</i>				
1	Material yang lolos saringan No. 200	SK SNIM-02-1994-03	%	70	-
2	Berat Jenis	AASHTO T-85 -81		-	-

(Sumber: Sukirman, 2003)

4. Pengujian Aspal

Metode penelitian/pengujian aspal sesuai spesifikasi yang mengacu pada SNI (1991) dengan ketentuan pada Tabel 8 dibawah ini:

Tabel 8. Ketentuan Aspal

No.	Karakteristik	Standar Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
	Aspal				
1	Penetrasi (25°C, 5 detik)	SNI06-2456-1991	0,1 mm	60	79
2	Titik Lembek	SNI06-2434-1991	°C	48	58
3	Titik Nyala	SNI06-2433-1991	°C	200	-
4	Titik Bakar	SNI06-2433-1991	°C	-	-
5	Berat Jenis	PA 0307 76	gr/cc	1	-

(Sumber: Sukirman, 2003)

G. Langkah Pembuatan Mix design

1. Metode Analisis

Didasarkan rumus empiris sebagai berikut:

$$X = \frac{F - S}{F - C} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

X = % butir F1 (agregat kasar) yang dicari penggabungan

F = % butir F2 (agregat halus) yang lolos No.8

S = % lolos No.8 dari batas tengah spesifikasi

C = % butir F1 yang lolos No.8

Contoh:

Ada 3 Fraksi: Agregat Kasar (F1), agregat halus (F2) dan Filler (F3), untuk mendapatkan gradasi yang sesuai dengan spesifikasi, maka ketiga fraksi harus digabung (Secara Analitis).

Langkah 1:

Ditentukan terlebih dulu persen Agregat kasar (F1) dan persen agregat halus (F2), sehingga didapatkan hasil gabungan butir-butir yang lolos No.8 dengan jumlah 35-50%.

Langkah 2:

Gabungkan F1 dan F2 terlebih dahulu, kemudian cari persen butir F1 (agregat kasar) yang tertahan No.8.

Langkah 3:

Setelah didapat F1 kemudian Menentukan persen dari butir F2 dari pengurangan 100% dengan persenan dari F1.

Langkah 4:

Menentukan F3 (*filler*), diambil dari spesifikasi ayakan No.200 F2 spesifikasi 4-10 persen, kurangkan dari hasil F2 sehingga didapat kekurangan no 200. Bagilah spesifikasi F3 lolos saringan No.200 dikali 100 maka hasilnya diperoleh butir F3 (*filler*).

H. Langkah Pembuatan Benda Uji

Berikut adalah langkah pembuatan benda uji balok beton aspal yang akan digunakan untuk uji UPV:

1. Timbang agregat sesuai dengan prosentase pada target gradasi yang diinginkan untuk masing-masing benda uji dengan berat campuran 1852,5 gram.
2. Timbang serat *polypropylene* sesuai dengan kebutuhan yaitu 2,96 gram, masing-masing 3 buah karena penelitian ini terdapat 24 benda uji dan setiap 3 benda uji diberikan kadar serat 0.3% .
3. Timbang aspal yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan yaitu 113,37 gram masing-masing 3 buah untuk 24 benda uji yang akan dibuat dan setiap 3 benda uji kadar aspal yang dibutuhkan 6%.
4. Agregat dicampur dengan aspal dan serat *polypropylene* menggunakan cara basah.
5. Agregat dipanaskan di kotak *hopper*/kaleng dengan suhu pencampuran 140°C, sedangkan aspal dipanaskan dengan suhu 110°C, kemudian serat *polypropylene* dicampur bersama aspal.
6. Setelah sekiranya campuran terlihat homogen barulah aspal dicampur dengan agregat dengan suhu 140°C dan diaduk merata.
7. Setelah temperatur pemadatan tercapai, maka campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan yang telah diolesi oli terlebih dahulu.

8. Dilakukan pemadatan dengan menumbuk palu kayu dengan jumlah tumbukan sebanyak 120 kali disesuaikan dengan jenis lalu lintas yang direncanakan yaitu lalulintas berat. Lalu lintas berat dengan jenis jalan kelas I dengan muatan sumbu terberat > 10 ton didefinisikan lalu lintas berat harian rata-rata yaitu kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 roda (meliputi: bus 8 ton sama dengan 468 kendaraan, truk 2 as 10 ton sama dengan 91 kendaraan, truk 2 as 13 ton sama dengan 43 kendaraan, truk 3 as 20 ton sama dengan 30 kendaraan. (Dirjen Bina Marga UU no. 22 – 2009 Lalu lintas dan angkutan jalan).
9. Setelah proses pemadatan selesai benda uji didiamkan agar suhunya turun. Dalam penelitian ini, kipas angin digunakan sebagai alat penurun suhu. Setelah dingin benda uji dikeluarkan dengan melepas bagian-bagian cetakan dan diberi kode/tanda.
10. Benda uji lalu di ukur Tinggi, Lebar dan Panjang agar bisa mendapatkan Tinggi, Lebar dan Panjang awal sebelum di uji.

I. Langkah Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV)

Pada penelitian ini, pengujian UPV dilakukan dengan menggunakan metode *direct*. Metode tersebut digunakan untuk mencari kecepatan perambatan gelombang ultrasonik. Pengujian *direct* dilakukan pada lima titik di salah satu permukaan benda uji. Berikut langkah-langkah pengujian:

1. Benda uji UPV disiapkan.
2. Permukaan benda uji lalu diberi tanda sebanyak lima titik, misal titik 1,2, 3, 4 dan 5, untuk mempermudah saat pengujian. Titik-titik ini didapatkan dengan membagi panjang benda uji.
3. Bila semua benda uji sudah diberi tanda titik, benda uji ditata menurut varian, agar mudah dalam mencatat hasil UPV nanti.
4. Benda uji A disiapkan, kemudian *transmitter* dan *receiver* di tempelkan pada permukaan benda uji pada titik 1 dan catat travel timenya.
5. Masih benda uji A, kemudian *transmitter* dan *receiver* dipindah ke titik 2, sampai ke titik 5 dan catat travel timenya.
6. Langkah 5 dan 6 diulangi sampai benda uji terakhir.



Gambar 31. Pengujian UPV

J. Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini meliputi :

- a. Jarak *transducer*
- b. *Travel time*
- c. Kecepatan perambatan gelombang ultrasonik

Kemudian data tersebut dianalisis dan disajikan secara deskriptif kuantitatif dalam bentuk grafik dan tabel untuk mengetahui efek variasi komposisi agregat terhadap kecepatan perambatan gelombang ultrasonik pada *flexible pavement*. Setelah mendapatkan data kecepatan perambatan gelombang ultrasonik lalu pengecekan data dengan menggunakan *one-way anova* (Analisis varian untuk satu variabel independen) untuk mendapatkan data variasi agregat dengan nilai terbaik.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian

Pada penelitian ini pengujian agregat dilakukan pada tahap pertama. Agregat Pasir Bantak, Pasir Progo, Pasir Clereng dan Pasir Krasak, di uji untuk mendapatkan komposisi campuran yang diinginkan. Untuk mengetahui sifat-sifat atau karakteristik agregat, pada penelitian ini pengujian agregat yang dilakukan dari *coarse agregat*, *medium agregat*, *stone dust*, serta *natural sand*. Hal ini dikarenakan agregat yang digunakan bersumber atau diambil dari *cold bin* dan *quarry*. Pengujian ini dilakukan di dasarkan pada Standart Nasional Indonesia (SNI) 03-1968-1990 untuk Agregat. Untuk aspal, penelitian ini berdasarkan Revisi SNI 03-1737-1989.

1. Analisa Saringan

Penggunaan saringan pada pengujian ini di susun berdasarkan susunan saringan yang diperuntukan untuk AC-WC yang di mulai dengan ayakan $\frac{3}{4}$ " sampai ayakan no. 200. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui persentase masing-masing agregat yang tertahan dan yang lolos di tiap-tiap no. saringan ayakan guna untuk mengetahui persentase agregat untuk perencanaan *mix design*. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan SNI 1968-1990-F.

a. Hasil Pengujian Agregat Bantak

1) Berat jenis agregat kasar Bantak

Berikut ini disajikan hasil pengujian agregat kasar pada Tabel 9 dan 10 di bawah ini.

Tabel 9. Agregat kasar bantak

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
9,5	61,73	6,51	6,51	93,49
4,75	223,60	23,59	30,10	69,90
2,36	96,05	10,13	40,23	59,77
1,18	115,02	12,13	52,37	47,63
0,6	125,05	13,19	65,56	34,44
0,3	118,20	12,47	78,03	21,97
0,15	94,15	9,93	87,96	12,04
<0.15	114,15	12,04	100	0,00
Jumlah Σ	947,95	100	460,75	

Tabel 10. Berat jenis agregat kasar bantak

Rata-rata hasil Pengujian	Formula	Hasil	Satuan
Berat jenis curah kering (Sd)	$[A/(B + S - C)]$	2,41	
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$[S/(B + S - C)]$	2,59	
Berat jenis semu (Sa)	$[A/(B + A - C)]$	2,94	
Penyerapan air (Sw)	$[((S-A)/A) \times 100\%]$	7,45	%

2) Berat jenis agregat halus Bantak

Berikut ini disajikan hasil pengujian agregat halus pada Tabel 11 dan 12 di bawah ini.

Tabel 11. Agregat halus bantak

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
1,18	189,42	40,04	40,04	100
0,6	98,66	20,85	60,89	59,96
0,3	50,93	10,77	71,66	39,11
0,15	53,55	11,32	82,98	28,34
<0.15	80,53	17,02	100	17,02
Jumlah Σ	473,09	100,00	355,57	

Tabel 12. Berat jenis agregat halus bantak

Rata-rata hasil Pengujian	Formula	Hasil	Satuan
Berat jenis curah kering (Sd)	$[A/(B + S - C)]$	2,52	
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$[S/(B + S - C)]$	2,55	
Berat jenis semu (Sa)	$[A/(B + A - C)]$	2,60	
Penyerapan air (Sw)	$[(S-A)/A] \times 100\%$	1,33	%

3) Filler Bantak

Berikut ini disajikan hasil pengujian *filler* pada Tabel 13 dan 14 di bawah ini

Tabel 13. Filler Bantak

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
0,3	100,07	20,29	20,29	79,71
0,15	203,20	41,19	61,48	38,52
<0.15	190,04	38,52	0	100,00
Jumlah Σ	493,31	100,00	81,76	

Tabel 14. Berat jenis *filler* Bantak

Rata-rata hasil Pengujian	Formula	Hasil	Satuan
Berat jenis curah kering (Sd)	$[A/(B + S - C)]$	2,66	
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$[S/(B + S - C)]$	2,69	
Berat jenis semu (Sa)	$[A/(B + A - C)]$	2,75	
Penyerapan air (Sw)	$[(S-A)/A] \times 100\%$	1,16	%

b. Hasil Pengujian Agregat Clereng

1) Berat jenis agregat kasar Clereng

Berikut ini disajikan hasil pengujian agregat kasar pada Tabel 15 dan 16 di bawah ini.

Tabel 15. Agregat kasar Clereng

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
9,5	74,43	7,54	7,54	92,46
4,75	130,54	13,22	20,75	79,25
2,36	187,21	18,95	39,71	60,29
1,18	231,39	23,43	63,13	36,87
0,6	98,95	10,02	73,15	26,85
0,3	121,22	12,27	85,43	14,57
0,15	100,40	10,17	95,59	4,41
<0,15	43,54	4,41	100	0,00
Jumlah Σ	987,68	100	485,30	

Tabel 16. Berat jenis agregat kasar Clereng

Rata-rata hasil Pengujian	Formula	Hasil	Satuan
Berat jenis curah kering (Sd)	$[A/(B + S - C)]$	2,15	
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$[S/(B + S - C)]$	2,24	
Berat jenis semu (Sa)	$[A/(B + A - C)]$	2,37	
Penyerapan air (Sw)	$[(S-A)/A \times 100\%]$	4,36	%

2) Berat jenis agregat halus Clereng

Berikut ini disajikan hasil pengujian agregat halus pada Tabel 17 dan 18 di bawah ini.

Tabel 17. Agregat halus Clereng

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) $C=B$	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
1,18	197,22	40,58	40,58	59,42
0,6	122,62	25,23	65,81	34,19
0,3	92,21	18,97	84,78	15,22
0,15	55,29	11,38	96,15	3,85
<0.15	18,69	3,85	100	0,00
Jumlah Σ	486,03	100,00	387,32	

Tabel 18. Berat jenis agregat halus Clereng

Rata-rata hasil Pengujian	Formula	Hasil	Satuan
Berat jenis curah kering (Sd)	$[A/(B + S - C)]$	2,16	
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$[S/(B + S - C)]$	2,22	
Berat jenis semu (Sa)	$[A/(B + A - C)]$	2,31	
Penyerapan air (Sw)	$[(S-A)/A \times 100\%]$	3,09	%

3) *Filler* Clereng

Berikut ini disajikan hasil pengujian *filler* pada Tabel 19 dan 20 di bawah ini.

Tabel 19. *Filler* Clereng

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) D=$\Sigma B-C$
0,3	156,8	34,19	34,19	65,81
0,15	270,08	58,89	93,08	6,92
<0.15	31,75	6,92	100	0,00
Jumlah Σ	458,63	100,00	227,27	

Tabel 20. Berat jenis *filler* Clereng

Rata-rata hasil Pengujian	Formula	Hasil	Satuan
Berat jenis curah kering (Sd)	$[A/(B + S - C)]$	2,29	
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$[S/(B + S - C)]$	2,36	
Berat jenis semu (Sa)	$[A/(B + A - C)]$	2,47	
Penyerapan air (Sw)	$[(S-A)/A] \times 100\%$	3,17	%

c. Hasil Pengujian Agregat Krasak

1) Berat jenis agregat kasar krasak

Berikut ini disajikan hasil pengujian agregat kasar pada Tabel 21 dan 22 di bawah ini.

Tabel 21. Agregat kasar Krasak

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) $C=B$	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
9,5	75,43	7,55	7,55	92,45
4,75	221,32	22,16	29,71	70,29
2,36	148,31	14,85	44,57	55,43
1,18	198,32	19,86	64,42	35,58
0,6	76,32	7,64	72,07	27,93
0,3	93,21	9,33	81,40	18,60
0,15	87,32	8,74	90,14	9,86
<0.15	98,43	9,86	100	0,00
Jumlah Σ	998,66	100	489,87	

Tabel 22. Berat jenis agregat kasar Krasak

Rata-rata hasil Pengujian	Formula	Hasil	Satuan
Berat jenis curah kering (Sd)	$[A/(B + S - C)]$	2,16	
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$[S/(B + S - C)]$	2,35	
Berat jenis semu (Sa)	$[A/(B + A - C)]$	2,65	
Penyerapan air (Sw)	$[(S-A)/A] \times 100\%$	8,42	%

2) Berat jenis agregat halus Krasak

Berikut ini disajikan hasil pengujian agregat halus pada Tabel 23 dan 24 di bawah ini.

Tabel 23. Agregat halus Krasak

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
1,18	229,65	46,70	46,70	53,30
0,6	72,89	14,82	61,52	38,48
0,3	68,32	13,89	75,42	24,58
0,15	59,43	12,09	87,50	12,50
<0.15	61,45	12,50	100	0,00
Jumlah Σ	491,74	100,00	371,15	

Tabel 24. Berat jenis agregat halus Krasak

Rata-rata hasil Pengujian	Formula	Hasil	Satuan
Berat jenis curah kering (Sd)	$[A/(B + S - C)]$	2,69	
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$[S/(B + S - C)]$	2,71	
Berat jenis semu (Sa)	$[A/(B + A - C)]$	2,75	
Penyerapan air (Sw)	$[(S-A)/A] \times 100\%$	0,82	%

3) Filler Krasak

Berikut ini disajikan hasil pengujian *filler* pada Tabel 25 dan 26 di bawah ini.

Tabel 25. Filler Krasak

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
0,3	118,87	23,86	23,86	76,14
0,15	249,32	50,04	73,90	26,10
<0.15	130,04	26,10	100	0,00
Jumlah Σ	498,23	100,00	197,76	

Tabel 26. Berat jenis *filler* Krasak

Rata-rata hasil Pengujian	Formula	Hasil	Satuan
Berat jenis curah kering (Sd)	$[A/(B + S - C)]$	2,44	
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$[S/(B + S - C)]$	2,46	
Berat jenis semu (Sa)	$[A/(B + A - C)]$	2,49	
Penyerapan air (Sw)	$[(S-A)/A] \times 100\%$	0,92	%

d. Hasil Pengujian Agregat Progo

1) Analisis dan berat jenis agregat kasar progo

Berikut ini disajikan hasil pengujian agregat kasar pada Tabel 27 dan 28 di bawah ini.

Tabel 27. Agregat kasar Progo

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
9,5	80,45	8,20	8,20	91,80
4,75	145,69	14,85	23,06	76,94
2,36	177,94	18,14	41,20	58,80
1,18	217,48	22,17	63,37	36,63
0,6	97,44	9,93	73,30	26,70
0,3	101,99	10,40	83,70	16,30
0,15	129,47	13,20	96,90	3,10
<0,15	30,39	3,10	100	0,00
Jumlah Σ	980,85	100	489,73	

Tabel 28. Berat jenis agregat kasar Progo

Rata-rata hasil Pengujian	Formula	Hasil	Satuan
Berat jenis curah kering (Sd)	$[A/(B + S - C)]$	2,35	
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$[S/(B + S - C)]$	2,40	
Berat jenis semu (Sa)	$[A/(B + A - C)]$	2,47	
Penyerapan air (Sw)	$[(S-A)/A] \times 100\%$	2,14	%

2) Analisis dan berat jenis agregat halus Progo

Berikut ini disajikan hasil pengujian agregat halus pada Tabel 29 dan 30 di bawah ini.

Tabel 29. Agregat halus Progo

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
1,18	220,48	44,20	44,20	55,80
0,6	94,71	18,99	63,19	36,81
0,3	70,29	14,09	77,28	22,72
0,15	79,32	15,90	93,19	6,81
<0.15	33,98	6,81	100	0,00
Jumlah Σ	498,78	100,00	377,87	

Tabel 30. Berat jenis agregat halus Progo

Rata-rata hasil Pengujian	Formula	Hasil	Satuan
Berat jenis curah kering (Sd)	$[A/(B + S - C)]$	2,62	
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$[S/(B + S - C)]$	2,64	
Berat jenis semu (Sa)	$[A/(B + A - C)]$	2,65	
Penyerapan air (Sw)	$[(S-A)/A] \times 100\%$	0,45	%

3) *Filler* Progo

Berikut ini disajikan hasil pengujian *filler* pada Tabel 31 dan 32 di bawah ini.

Tabel 31. *Filler* Progo

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
0,3	203,3	41,48	41,48	58,52
0,15	198,43	40,48	81,96	18,04
<0.15	88,43	18,04	100	0,00
Jumlah Σ	490,16	100,00	223,44	

Tabel 32. Berat jenis *filler* Progo

Rata-rata hasil Pengujian	Formula	Hasil	Satuan
Berat jenis curah kering (Sd)	$[A/(B + S - C)]$	1,25	
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$[S/(B + S - C)]$	1,29	
Berat jenis semu (Sa)	$[A/(B + A - C)]$	1,30	
Penyerapan air (Sw)	$[(S-A)/A] \times 100\%$	2,80	%

2. Pemeriksaan Aspal

Bahan yang digunakan untuk campuran beton aspal pada penelitian ini terdiri dari aspal AC 60/70, agregat kasar Bantak, Clereng, Progo dan Krasak, agregat halus Bantak, Clereng, Progo dan Krasak dan *filler* dari Clereng, Progo, Bantak, Semen dan serat *polypropylene*. Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap aspal AC 60/70, diperoleh hasil

sebagai berikut berdasarkan spesifikasi Revisi SNI 03-1737-1989 dan data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 33 dibawah ini.

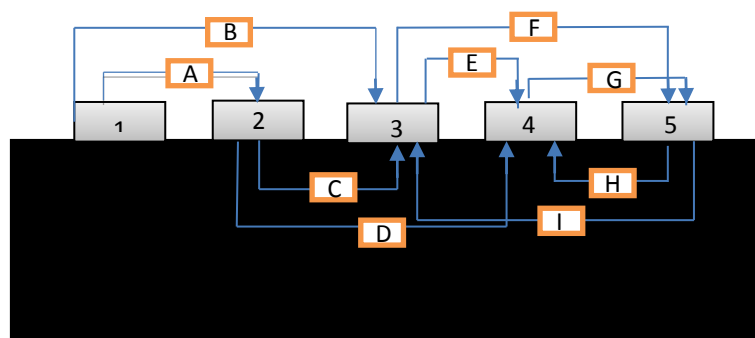
Tabel 33. Hasil Pemeriksaan Aspal AC 60/70

No.	Jenis pemeriksaan	Spesifikasi	Aspal AC 60/70	Satuan
1.	Penetrasi 25 ⁰ C	60-79	67,67	Mm
2.	Titik lembek	48-58	52,5	°C
3.	Titik nyala	≥ 200	320	°C
4.	Titik bakar	-	335	°C
5.	Berat jenis Aspal	≥ 1	1,09	

3. Hasil *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV)

Dari pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan alat PUNDIT (*Portable Ultrasonic Non-destructive Digital Indicating Tester*) diperoleh hasil UPV.

Berikut disajikan titik pembacaan dan cara pengujian UPV pada Gambar 32 di bawah ini.



Gambar 32. Notasi pembacaan dan cara pengujian UPV

4. Pengujian Agregat

Modulus Halus Butir (*fineness modulus*) ialah suatu indeks yang dipakai untuk kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Makin besar nilai modulus halus menunjukkan bahwa makin besar ukuran butir-butir agregatnya. Pada umumnya agregat halus mempunyai modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8, adapun agregat kasar biasanya diantara 6 dan 8. Hasil pengujian Zona bisa di lihat pada Table 34 di bawah ini.

Tabel 34. Persyaratan Gradasi Agregat Halus

Lobang Ayakan (mm)	Persen Tertinggal Kumulatif			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
10	100	100	100	100
4,80	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,40	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,20	30 – 70	55 – 100	75 – 100	90 – 100
0,60	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,30	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Kekasaran Pasir dikelompokkan menjadi 4 Zona

Zone/Daerah 1 : Pasir Kasar

Zone/Daerah 2 : Pasir Agak Kasar

Zone/Daerah 3 : Pasir Agak Halus

Zone/Daerah 4 : Pasir Halus

Dari tabel diatas maka diketahui Modulus Kehalusan Butiran dapat di hitung dengan rumus berikut :

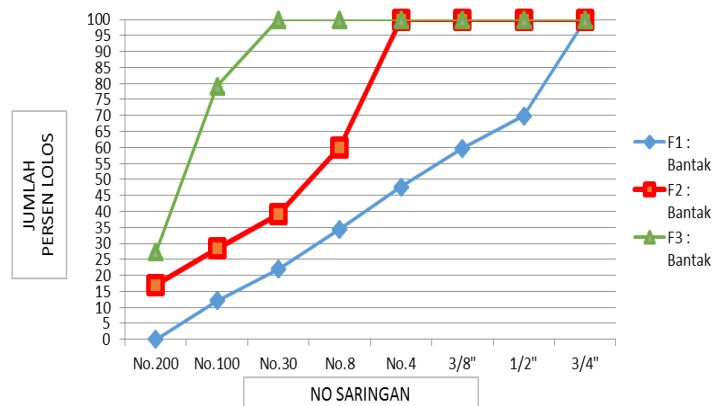
$$\text{MKB} = \frac{\text{Persen tertinggal kumulatif}}{100} \dots\dots\dots(11)$$

a. Agregat pasir bantak

Modulus kehalusan butir pasir Bantak dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{MKB} &= \frac{\text{Persen tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{460,75}{100} = 4,60 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian, jenis pasir ini termasuk dalam zona 1.



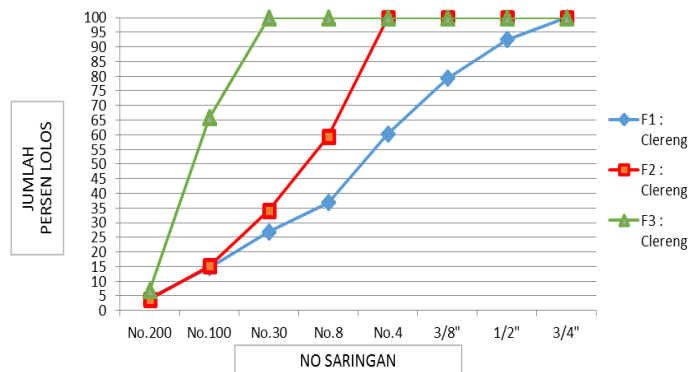
Gambar 33. Distribusi ukuran butir pasir bantak

b. Agregat pasir clereng

Modulus kehalusan butir pasir Clereng dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{MKB} &= \frac{\text{Persen tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{485,30}{100} = 4,85 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian, jenis pasir ini termasuk dalam zona 1.



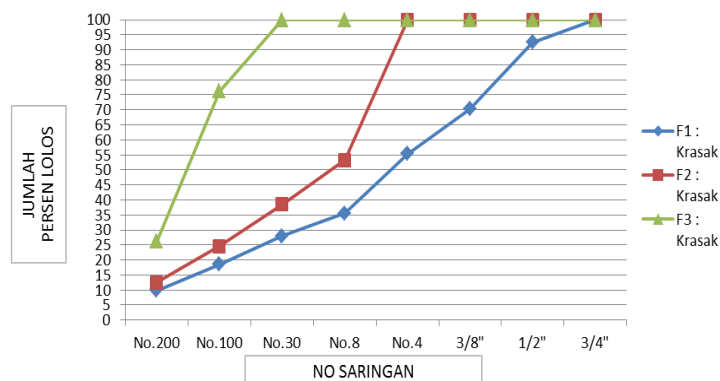
Gambar 34. Distribusi ukuran butir pasir clereng

c. Agregat pasir krasak

Modulus kehalusan butir pasir Krasak dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned}
 \text{MKB} &= \frac{\text{Persen tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{489,87}{100} = 4,89
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian, jenis pasir ini termasuk dalam zona 4.



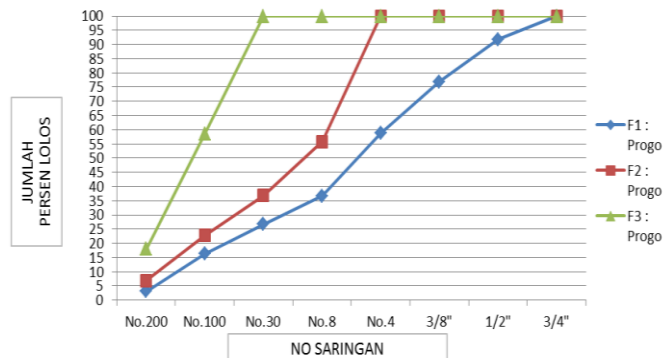
Gambar 35. Distribusi ukuran butir pasir krasak

d. Agregat pasir progo

Modulus kehalusan butir pasir Progo dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{MKB} &= \frac{\text{Persen tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{489,73}{100} = 4,89 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian, jenis pasir ini termasuk dalam zona 4.



Gambar 36. Distribusi ukuran butir pasir progo

B. Pembahasan

1. Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dengan Metode *indirect*

Metode *indirect* sendiri adalah metode yang digunakan untuk menentukan cepat rambat gelombang dari campuran perkerasan. Analisis hasil pengujian disajikan dibawah ini.

a. Agregat Bantak, (kasar dan halus), *filler* Progo

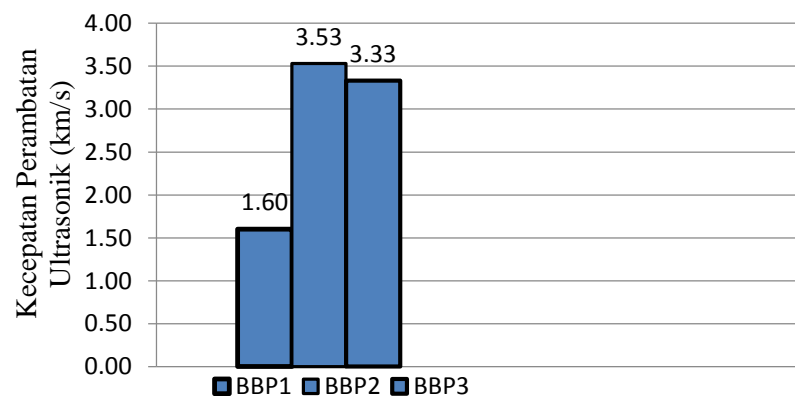
Persentase agregat kasar, dan agregat halus termasuk *filler* adalah 70%, 30%.

Analisis hasil pengujian di sajikan pada Tabel 35 di bawah ini.

Tabel 35. Agregat bantak, (kasar dan halus), *filler* Progo

No	Benda Uji	Kode Benda Uji	V (Km/s)	Rata-rata
1.	BBP	BBP1	1,60	2,820
2.		BBP2	3,53	
3.		BBP3	3,33	

Dari hasil analisis pada Tabel 35 diketahui bahwa *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dengan metode perhitungan *indirect* didapat hasil pengujian tertinggi pada benda uji BBP2 yaitu 3,53 km/s kemudian benda uji BBP1 yang lebih rendah dengan kecepatan 3,33 km/s. Selanjutnya BBP1 sebesar 1,60 km/s yang lebih rendah dari benda uji BBP lainnya. Dari Tabel 35 juga diketahui bahwa kecepatan rata-rata rambat gelombang varian Bantak, Bantak, Progo sebesar 2,820 km/s.



Gambar 37. Grafik kecepatan perambatan benda uji BBP

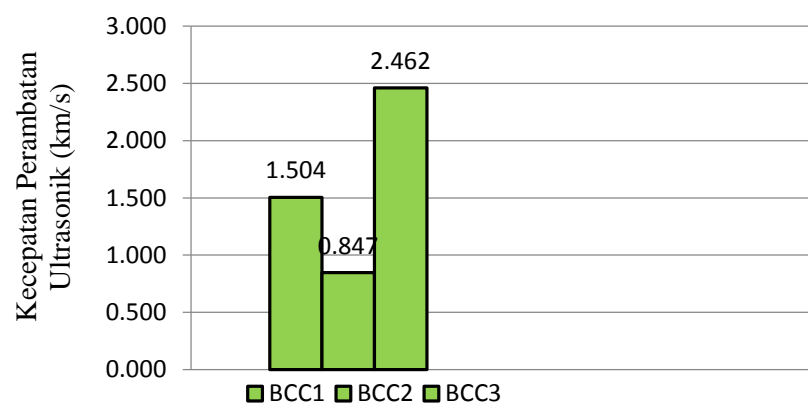
b. Agregat Bantak dan Clereng (kasar dan halus), *filler* Clereng

Persentase agregat kasar, dan agregat halus termasuk *filler* adalah 70%, 30%. Analisis hasil pengujian di sajikan pada Tabel 36 di bawah ini.

Tabel 36. Agregat Bantak dan Clereng (kasar dan halus), *filler* Clereng

No	Benda Uji	Kode Benda Uji	V (Km/s)	Rata-rata
1.	BCC	BCC1	1,504	1,604
2.		BCC2	0,847	
3.		BCC3	2,462	

Dari hasil analisis pada Tabel 36 diatas diketahui bahwa *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dengan metode perhitungan *indirect* didapat hasil pengujian tertinggi pada benda uji BCC3 yaitu 2,462 km/s kemudian benda uji BCC1 yang lebih rendah dengan kecepatan 1,504 km/s. Selanjutnya BCC2 sebesar 0,847 km/s yang lebih rendah dari benda uji BCC lainnya. Dari Tabel 36 juga diketahui bahwa kecepatan rata-rata rambat gelombang varian Bantak, Clereng, Clereng sebesar 1,604 km/s.



Gambar 38. Grafik kecepatan perambatan benda uji BCC

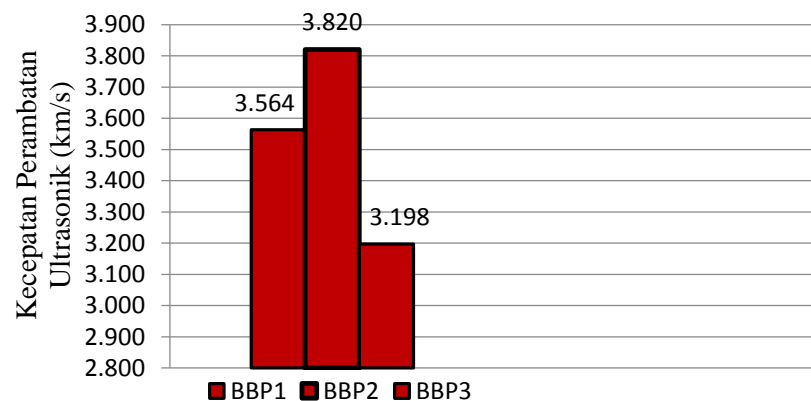
c. Agregat Bantak (kasar dan halus), *filler* Bantak

Persentase agregat kasar, dan agregat halus termasuk *filler* adalah 70%, 30%. Analisis hasil pengujian di sajikan pada Tabel 37 di bawah ini.

Tabel 37. Agregat Bantak (kasar dan halus), *filler* Bantak

No	Benda Uji	Kode Benda Uji	V (Km/s)	Rata-rata
1.	BBB	BBB1	3,564	3,527
2.		BBB2	3,820	
3.		BBB3	3,198	

Dari hasil analisis pada Tabel 37 diatas diketahui bahwa *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dengan metode perhitungan *indirect* didapat hasil pengujian tertinggi pada benda uji BBB2 yaitu 3,820 km/s kemudian benda uji BBB1 yang lebih rendah dengan kecepatan 3,564 km/s. Selanjutnya BBB3 sebesar 3,198 km/s yang lebih rendah dari benda uji BBB lainnya. Dari Tabel 37 juga diketahui bahwa kecepatan rata-rata rambat gelombang varian Bantak, Bantak, Bantak sebesar 3,527 km/s.



Gambar 39. Grafik kecepatan perambatan benda uji BBB

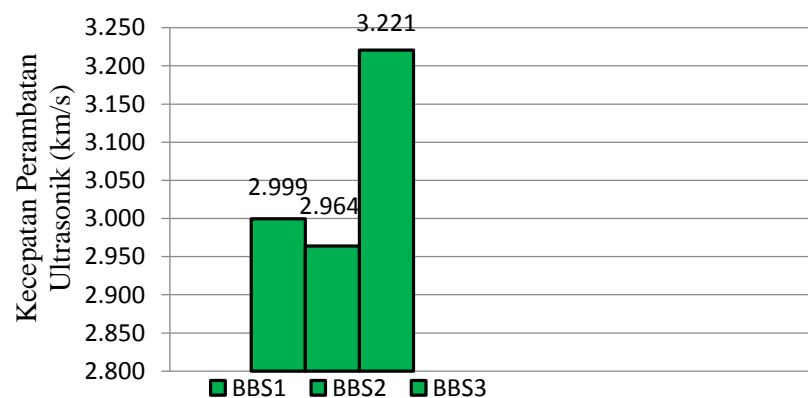
d. Agregat Bantak (kasar dan halus), *filler* Semen

Persentase agregat kasar, dan agregat halus termasuk *filler* adalah 70%, 30%. Analisis hasil pengujian di sajikan pada Tabel 38 di bawah ini.

Tabel 38. Agregat Bantak (kasar dan halus), *filler* Semen

No	Benda Uji	Kode Benda Uji	V (Km/s)	Rata-rata
1.	BBS	BBS1	2,999	3,061
2.		BBS2	2,964	
3.		BBS3	3.221	

Dari hasil analisis pada Tabel 38 diatas diketahui bahwa *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dengan metode perhitungan *indirect* didapat hasil pengujian tertinggi pada benda uji BBS3 yaitu 3,221 km/s kemudian benda uji BBS1 yang lebih rendah dengan kecepatan 2,99 km/s. Selanjutnya BBS2 sebesar 2,964 km/s yang lebih rendah dari benda uji BBS lainnya. Dari Tabel 38 juga diketahui bahwa kecepatan rata-rata rambat gelombang varian Bantak, Bantak, Semen sebesar 3,061 km/s.



Gambar 40. Grafik kecepatan perambatan benda uji BBS

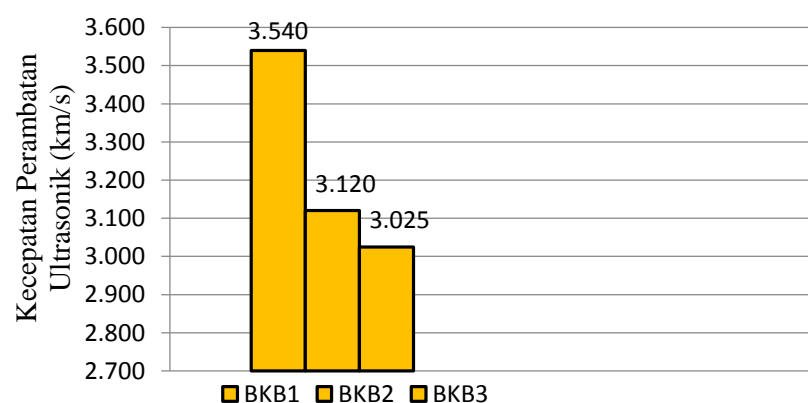
- e. Agregat Bantak, Krasak (kasar dan halus), *filler* Bantak

Persentase agregat kasar, dan agregat halus termasuk *filler* adalah 70%, 30%. Analisis hasil pengujian di sajikan pada Tabel 39 di bawah ini.

Tabel 39. Agregat Bantak, Krasak (kasar dan halus), *filler* Bantak

No	Benda Uji	Kode Benda Uji	V (Km/s)	Rata-rata
1.	BKB	BKB1	3,540	3,228
2.		BKB2	3,120	
3.		BKB3	3,125	

Dari hasil analisis pada Tabel 39 diatas diketahui bahwa *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dengan metode perhitungan *indirect* didapat hasil pengujian tertinggi pada benda uji BKB1 yaitu 3,540 km/s. Sedangkan benda uji BKB2 yang lebih rendah dengan kecepatan 3,125 km/s. Selanjutnya BKB3 sebesar 3,120 km/s yang lebih rendah dari benda uji BKB lainnya.



Gambar 41. Grafik kecepatan perambatan benda uji BKB

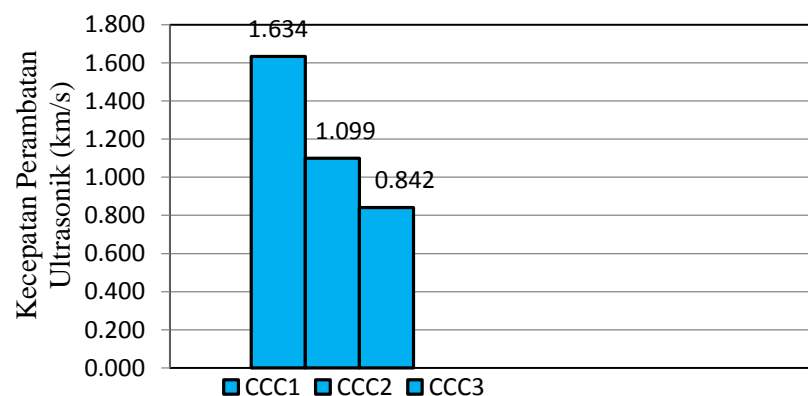
f. Agregat Clereng (kasar dan halus), *filler* Clereng

Persentase agregat kasar, dan agregat halus termasuk *filler* adalah 70%, 30%. Analisis hasil pengujian di sajikan pada Tabel 40 di bawah ini.

Tabel 40. Agregat Clereng (kasar dan halus), *filler* Clereng

No	Benda Uji	Kode Benda Uji	V (Km/s)	Rata-rata
1.	CCC	CCC1	1,634	1,191
2.		CCC2	1,099	
3.		CCC3	0,842	

Dari hasil analisis pada Tabel 40 diatas diketahui bahwa *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dengan metode perhitungan *indirect* didapat hasil pengujian tertinggi pada benda uji CCC1 yaitu 1,634 km/s kemudian benda uji CCC2 yang lebih rendah dengan kecepatan 1,099 km/s. Selanjutnya CCC3 sebesar 0,842 km/s yang lebih rendah dari benda uji CCC lainnya. Dari Tabel 40 juga diketahui bahwa kecepatan rata-rata rambat gelombang varian Clereng, Clereng, Clereng sebesar 1,191 km/s.



Gambar 42. Grafik kecepatan perambatan benda uji CCC

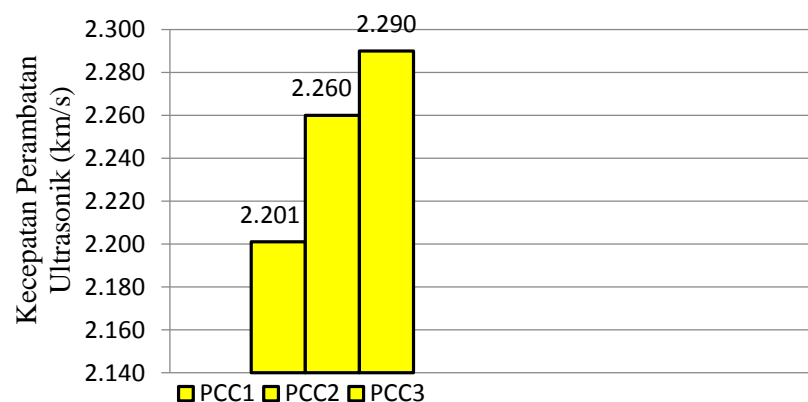
g. Agregat Progo, Clereng (kasar dan halus), *filler* Clereng

Persentase agregat kasar, dan agregat halus termasuk *filler* adalah 70%, 30%. Analisis hasil pengujian di sajikan pada Tabel 41 di bawah ini.

Tabel 41. Agregat Progo, Clereng (kasar dan halus), *filler* Clereng

No	Benda Uji	Kode Benda Uji	V (Km/s)	Rata-rata
1.	PCC	PCC1	2,201	2,250
2.		PCC2	2,260	
3.		PCC3	2,290	

Dari hasil analisis pada Tabel 41 diatas diketahui bahwa *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dengan metode perhitungan *indirect* didapat hasil pengujian tertinggi pada benda uji PCC3 yaitu 2,290 km/s kemudian benda uji PPC2 yang lebih rendah dengan kecepatan 2,260 km/s. Selanjutnya PCC1 sebesar 2,201 km/s yang lebih rendah dari benda uji PCC2 lainnya.



Gambar 43. Grafik kecepatan perambatan benda uji CCC

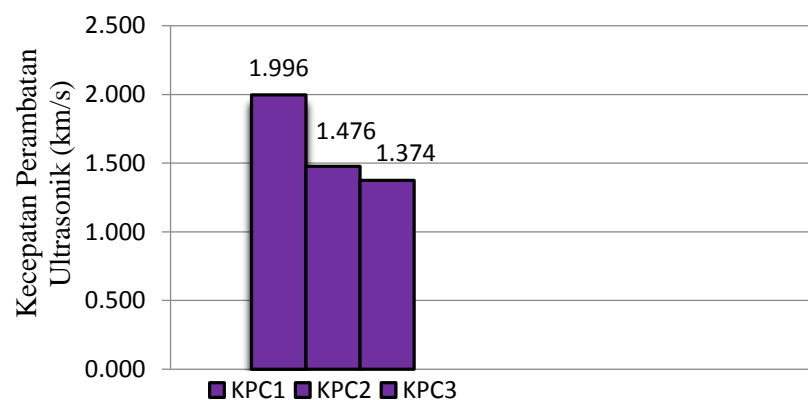
h. Agregat Krasak, Progo (kasar dan halus), *filler* Clereng

Persentase agregat kasar, dan agregat halus termasuk *filler* adalah 70%, 30%. Analisis hasil pengujian di sajikan pada Tabel 42 di bawah ini.

Tabel 42. Agregat Krasak, Progo (kasar dan halus), *filler* Clereng

No	Benda Uji	Kode Benda Uji	V (Km/s)	Rata-rata
1.	KPC	KPC1	1,996	1,616
2.		KPC2	1,476	
3.		KPC3	1,374	

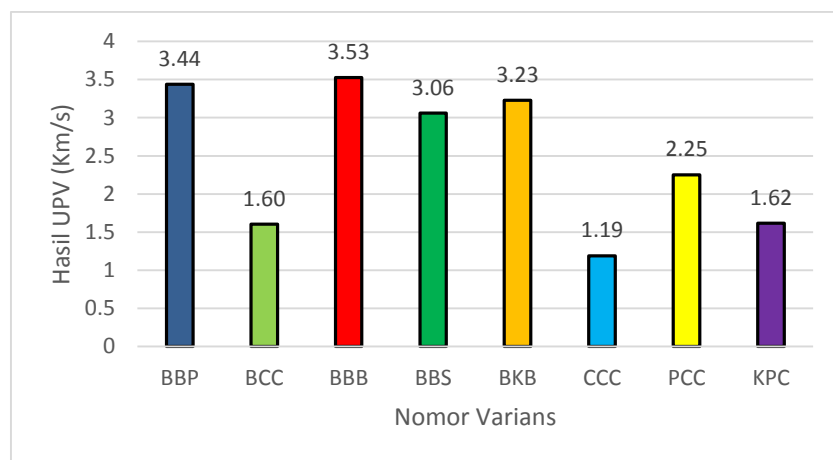
Dari hasil analisis pada Tabel 42 diatas diketahui bahwa *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dengan metode perhitungan *indirect* didapat hasil pengujian tertinggi pada benda uji KPC1 yaitu 1,996 km/s kemudian benda uji KPC2 yang lebih rendah dengan kecepatan 1,476 km/s. Selanjutnya KPC1 sebesar 1,374 km/s yang lebih rendah dari benda uji KPC lainnya. Dari Tabel 42 juga diketahui bahwa kecepatan rata-rata rambat gelombang varian Krasak, Progo, Clereng sebesar 1,616 km/s.



Gambar 44. Grafik kecepatan perambatan benda uji KPC

2. Perbandingan antara *Ultrasonic pulse velocity* (UPV) dengan masing-masing varian.

Untuk mengetahui perbandingan besarnya nilai cepat rambat dari masing-masing varian. Berikut disajikan grafik perbandingan nilai rerata kecepatan rambat gelombang UPV dengan varian pada gambar 45 dibawah ini.



Gambar 45. Grafik perbandingan rerata UPV dengan varian

Berdasarkan Gambar 45 di atas, hasil pengujian dan analisa terhadap UPV benda uji beton aspal balok dengan metode *indirect* diperoleh cepat rambat gelombang rerata varian BBP, BCC, BBB, BBS, BKB, CCC, PCC, dan KPC berturut-turut sebesar 3,44 km/s; 1,60 km/s; 3,53 km/s; 3,06 km/s; 3,23 km/s; 1,19 km/s; 2,25 km/s; dan 1,62 km/s. Nilai kecepatan rambat gelombang tertinggi pada varian BBB dengan variasi agregat Bantak, Bantak dan *filler* Bantak. Sedangkan nilai kecepatan rambat gelombang terendah pada varian CCC dengan variasi agregat Clereng, Clereng, dan *filler* Clereng.

Berdasarkan pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dengan menggunakan metode *indirect*, varian BBP (Bantak, Bantak, dan Bantak) mempunyai nilai rerata kecepatan rambat gelombang tertinggi dibandingkan dengan varian lainnya dengan kecepatan sebesar 3,53 km/s. Nilai rerata kecepatan rambat gelombang varian BCC (Bantak, Clereng, dan Clereng) sebesar 1,60 km/s lebih rendah terhadap varian BBB. Dari pembahasan diatas, dapat diketahui varian dengan komposisi agregat BBB menghasilkan nilai tertinggi. Sedangkan varian yang memiliki kecepatan paling rendah adalah varian yang memiliki komposisi agregat CCC.

Menurut Faqih, et.all (2011), kecepatan perambatan gelombang ultrasonic ini dipengaruhi oleh medium dimana gelombang tersebut ditransmisikan. Padat tidaknya medium gelombang ditransmisikan juga berpengaruh pada nilai kecepatan perambatan gelombang. Jika medium tersebut berongga, maka kecepatan gelombangnya menjadi lambat dan pembacaan kecepatan menjadi lebih besar.

Dari hasil tersebut, dapat diketahui bahwa agregat Bantak memiliki rongga pori yang tinggi jika dikomparasikan dengan agregat lain. Kondisi ini salah satunya disebabkan bahwa agregat tidak dapat tercampur dengan baik. Penelitian yang dilakukan oleh Bastian (2016) menyatakan bahwa VIM (*Void In Mix*) agregat Bantak memiliki nilai tertinggi jika dibandingkan agregat lainnya. Kondisi banyaknya rongga dalam campuran Bantak mengakibatkan berkurangnya keawetan dari lapis keras karena

rongga yang terlalu besar akan memudahkan masuknya air dan udara kedalam lapis perkerasan aspal.

Sedangkan hasil pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) pada varian beragregat Clereng memiliki waktu tempuh lebih lambat dan kecepatan rambat gelombang lebih rendah. Faktor yang mempengaruhi nilai kecepatan rambat gelombang tidak hanya itu, faktor pembuatan benda uji saat proses pemasakan dan pemadatan. Pada saat proses pemasakan dikarenakan suhu pemanasan yang kurang konsisten. Selanjutnya pada saat proses pemadatan benda uji masih menggunakan alat manual. Hasil penelitian ini juga dikuatkan oleh Yulianti (2016: 92) yang meninjau agregat Clereng dari sisi kuat lentur. Menurut Yulianti, agregat Clereng dan *filler* Clereng memiliki kuat lentur sebesar 0,02482 MPa,. Hasil yang didapat dari penelitian ini maupun yang didapatkan oleh Yulianti tidak bisa dilepaskan dari kondisi agregat Clereng yang masih alami dan memiliki bentuk cenderung bulat. Kondisi ini tentu akan mempengaruhi kecepatan rambat gelombang dan kekuatan dari agregat Clereng.

Lorenzi (2007: 1), memberikan pendapatnya tentang pengaruh variasi agregat pada kekuatan beton melalui pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV). Hasil dari penelitian tersebut menyatakan bahwa variasi agregat juga mempunyai efek terhadap kecepatan perambatan gelombang ultrasonik. Pendapat ini diperkuat Arabani (2012: 111) yang melakukan penelitian tentang pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dari

campuran *Hot Mix Asphalts* (HMA) berkaitan dengan perubahan gradasi, *filler*, dan kandungan aspal yang diuji. Hal itu juga diperkuat oleh Galeh (2016: 90) yang meneliti tentang karakteristik agregat bantak ditinjau dari pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dengan metode *indirect*. Selain itu Setyanto (2016: 85) menyatakan variasi agregat yang memiliki kecepatan gelombang ultrasonik paling tinggi jika komposisi agregat bantak lebih dominan. Analisis yang sama tentang agregat ditinjau dari homogenitasnya, Fajar (2016: 92), dengan menganalisis memakai SPSS 22 dan ditinjau dari UPV metode *direct*, menyatakan bahwa agregat Bantak memiliki homogenitas tinggi.

Berdasarkan penelitian ini, komposisi varian dengan agregat Bantak, Bantak, *filler* Bantak memiliki komposisi agregat cenderung berongga dari pada varian yang lainnya, hal ini dikarenakan agregat Bantak memiliki nilai VIM (*Void In Mix*) yang cukup tinggi, untuk itulah kecepatan dari varian Bantak, Bantak, Bantak paling tinggi. Hal ini sama halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Bastian (2016). Pada penelitian yang dilakukan Bastian (2016) menyatakan bahwa VIM (*Void In Mix*) adalah banyaknya rongga dalam campuran yang dinyatakan dalam prosentase pada agregat Bantak terlalu tinggi, sehingga mengakibatkan berkurangnya keawetan dari lapis keras karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan masuknya air dan udara kedalam lapis perkerasan aspal.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Setelah dilakukan pengujian kecepatan gelombang ultrasonik (UPV) dengan menggunakan metode dan *indirect* terhadap benda uji *flexible pavement* dengan berbagai variasi, maka untuk selanjutnya dilakukan analisa terhadap data-data hasil pengujian tersebut. Berdasarkan hasil analisa data yang telah dilakukan sehingga diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh cepat rambat gelombang rerata varian BBP, BCC, BBB, BBS, BKB, CCC, PCC, dan KPC berturut-turut sebesar 3,44 km/s; 1,60 km/s; 3,53 km/s; 3,06 km/s; 3,23 km/s; 1,19 km/s; 2,25 km/s; dan 1,62 km/s.
2. Berdasarkan dari pengujian percepatan perambatan gelombang ultrasonik ini didapatkan kecepatan maksimum pada komposisi agregat yang terdapat pada varian BBB dengan agregat Bantak, Bantak dan *filler* Bantak dengan kecepatan sebesar 3,53 km/s.

B. Saran

Berdasarkan dengan pengujian kecepatan gelombang ultrasonik (UPV) yang telah dilakukan, berikut adalah saran-saran dari penulis:

1. Lebih teliti dalam pembuatan benda uji agar diketahui pengaruh dimensi terhadap kecepatan gelombang.

2. Perlu diperhatikan nilai kadar air bahan uji agar dapat diketahui secara detail pengaruh kadar air terhadap kecepatan gelombang.
3. Perawatan benda uji dalam hal kadar air harus lebih teliti agar kadar air benda uji tidak berubah-ubah.
4. Lebih teliti lagi dalam pembacaan *travel time* pada alat UPV agar hasil pembacaan mendapatkan data yang valid.

C. Keterbatasan Masalah

1. Cetakan *flexible pavement* masih masih rakitan sendiri menyebabkan ukuran benda uji tidak seperti desain awal.
2. Belum tersedianya alat uji kecepatan rambat gelombang (UPV) sedikit menghambat proses penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO M 20 – 70. (2002). dan Revisi SNI 03-1737. (1989). Spesifikasi AASHTO dan SNI untuk berbagai nilai penetrasi aspal.
- AASHTO T 11 - 90SK SNI M-02-1994-03 *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075)*.
- Bina Marga. (1983). *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Aspal Beton*
- Dian. (2012). Analisis Bahan Tambahan Serat *Polypropylene* (Fiber Plastic Beneser). Di akses dari <http://eprints.upnjatim.ac.id/3848/> pada tanggal 28 September 2015.
- Dhita. (2016). *Study Eksperimental Kinerja Flexible Pavement Ditinjau Dari Pengujian Lentur*. Proyek Akhir, Program Studi Diploma Teknik Sipil, Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Dirjen Bina Marga UU no. 22. (2009). Lalu lintas dan angkutan jalan.
- Galeh. (2016). *Karakteristik Agregat Bantak Ditinjau Dari Pengujian Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) dan Stabilitas Marshall*. Proyek Akhir, Program Studi Diploma Teknik Sipil, Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Hadi. (2011). *Karakteristik campuran asphalt concrete–wearing Course (ac-wc) dengan penggunaan abu vulkanik dan Abu batu sebagai filler*. Jurnal Rekayasa.
- Indra. (2016). *Penggunaan Variasi Agregat Terhadap Kuat Tarik Belah dan Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)*. Proyek Akhir, Program Studi Diploma Teknik Sipil, Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Jepriyanti, Sujianti. (2008). *Akurasi Uji Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) Untuk Mendeteksi Kedalaman Retak Pada Beton*. Tesis, Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Di akses dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/> pada tanggal 15 Mei 2016.
- Pratomo. (1999). *Campuran Hot Rollewds Sheet Dengan Berbagai Jenis Fiiler*. Prosiding Simposium I Studi Transportasi Perguruan Tinggi, ITB, Bandung

- PT. Bintang Jaya. (2009). *Starbit: Modifikasi Aspal Dengan Polimer*. Semarang: PT. Bintang Jaya.
- Rahmat. (2010). *Pemanfaatan Bantak Sebagai Agregat Kasar dan Asbuton Lawele sebagai Agregat Halus Pada Lapis AC-Base*. Yogyakarta: Magister Sistem dan Teknik Transportasi Program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Republik Indonesia. (2009). *Undang-Undang No. 22 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*.
- RSNI 06-2433. (1991). *Metode Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar Dengan Cleveland Open Cup*: Badan Standarisasi Nasional.
- RSNI 06-2434. (1991). *Metode Pengujian Titik Lembek*: Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.
- RSNI 06-2489. (1991). *Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall*: Pustran-Balitbang Pekerjaan Umum.
- Simatupang, Martin R., DKK. (2016). *Korelasi Kuat Tekan Beton Antara Hammer Test, Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) dan Compression*. Jurnal REKAYASA SIPIL/VOLUME 10, No.1. Universitas Brawijaya. Malang.
- SNI M 02-1994. (2003). *Analisis saringan dapat dilakukan secara basah atatu kering, analisis basah digunakan untuk menentukan Jumlah bahan agregat yang lolos saringan No.200*.
- SNI 03-1737. (1989). *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Tipis Beton Aspal Untuk Jalan Raya*: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1968. (1990). *Metode Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Dan Agregat Kasar*: Pustran-Balitbang Pekerjaan Umum.
- SNI 03-1969. (1990). *Metode Pengujian Berat Jenis Beton Aspal Metode Pengujian Berat Jenis dan PENyerapann Air Agregat Aspal*: Pustran-Balitbang Pekerjaan Umum.
- SNI 03-1970. (1990). *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*: Pustran-Balitbang Pekerjaan Umum.
- SNI 03-1971. (1990). *SNI. STANDAR NASIONAL INDONESIA. Metode pengujian kadar air agregat. ICS 91.100.20*.
- SNI 03-2417. (1991). *Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.

- SNI 06-2433. (1991). *Metode Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar Dengan Cleve Land Open Cup*.
- SNI 06-2441. (1991). *Metode Pengujian Berat Jenis Aspal: Pustrang Balitbang Pekerjaan Umum*.
- SNI 06-2456. (1991). *Metode Pengujian Penetrasi Bahan-bahan Bitumen: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum*.
- SNI 03-4142. (1996). *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat. Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 MM)*.
- SNI 1970. (2008). *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus: Badan Standardisasi Nasional*.
- SNI 2490. (2008). *Cara Uji Kadar Air Dalam Produk Minyak Dan Bahan Mengandung Aspal Dengan Cara Penyulingan.: Badan Standardisasi Nasional*.
- SNI 6749. (2008). *Spesifikasi Lapis Aspal Pasir (Latasir)*
- SNI 2432. (2011). *Cara Uji Penetrasi Aspal: Badan Standarisasi Nasional*
- SNI 03-4154. (1996). *Metode pengujian kuat lentur beton uji sederhana yang dibebani terpusat langsung*.
- Sugiyono. (2006). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sukirman, Silvia. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.
- Sumekto, Wuryati. (2001). *Teknologi Beton*. Yogyakarta. Kanisius.
- Suprpto. (2004). *Bahan dan Struktur Jalan Raya*. Yogyakarta. Biro Penerbit Gadjah Mada.
- Widodo S. (2000). *Pengaruh Berat Jenis Filler terhadap Karakteristik Campuran Split. Mastic Asphalt*, Prosiding Simposium III FSTPT, ISBN NO. 979-96241-0-X.

PROYEK AKHIR

KARAKTERISTIK *ULTRASONIC PULSE VELOCITY* (UPV)
PADA *FLEXIBLE PAVEMENT* METODE *INDIRECT*

LAMPIRAN

Oleh : Prasetyo Wibowo
NIM : 12510134029

JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2016





DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Uji Berat Jenis Aspal AC 60/70.
Standart Uji : SNI 06-2441-1991
Hari, Tanggal Pengujian : Kamis, 04 Juni 2015
Pukul : 10:15 WIB
Cuaca : Cerah
Kelompok Praktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :

1. Aspal AC 60/70

ALAT :

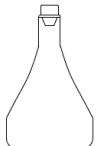
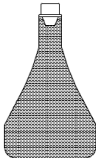
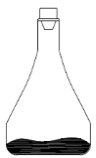
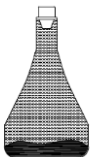
1. Piknometer
2. Thermometer
3. Air suling
4. Ember

PENGUJIAN BERAT JENIS ASPAL

Tabel Suhu dan waktu pengambilan data

MACAM PEKERJAAN	WAKTU	TEMPERATUR
Persiapan	Mulai pukul : 10.15 WIB	Suhu ruang 31°C
	Selesai pukul : 10.20 WIB	
Pemeriksaan Benda Uji	Mulai pukul : 10.20 WIB	
	Selesai pukul : 15.30 WIB	

Tabel Hasil pengujian berat jenis aspal AC 60/70

Notasi	Percobaan I	Percobaan II	Percobaan III	Keterangan
Berat picnometer kosong (A)	38,10 gr	38,10 gr	38,10 gr	
Berat picnometer + air (B) Berat picnometer kosong (A) Berat air (1) Vol. Air = Vol. Picnometer (2) = $\frac{(1)}{(2)}$ (Bj Air)	131,70 gr 38,10 gr 93,60 gr 93,60 cc	137,08 gr 38,10 gr 98,98 gr 98,98 cc	133,45 gr 38,10 gr 95,35 gr 95,35 cc	
Berat picnometer + contoh (C) Berat picnometer kosong (A) Berat contoh (3)	58,10 gr 38,10 gr 20 gr	58,10 gr 38,10 gr 20 gr	58,16 gr 38,10 gr 20,06 gr	
Berat picnometer + contoh + air (D) Berat picnometer + contoh (C) Berat air (4) Vol. Air (5) = $\frac{(4)}{(5)}$ (Bj Air)	138,40 gr 58,10 gr 80,30 gr 80,30 cc	138,66 gr 58,10 gr 80,56 gr 80,56 cc	138,40 gr 58,60 gr 80,24 gr 80,24 cc	
Isi contoh = (2 - 5) Berat air suling (6) = isi contoh x Bj air	13,30 gr 13,30 cc	18,42 gr 18,42 cc	15,11 gr 15,11 cc	
Berat Jenis = (3)/(6) 30°C	1,5038 gr/cc	1,0858 gr/cc	1,3276 gr/cc	
Rata-rata 25°C	1,09gr/cc			

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Uji Penetrasi Aspal AC 60/70
Standart Uji : SNI 2456 : 2011(Revisi SNI 06-2456-1991)
Hari, Tanggal Pengujian : Senin, 24 Agustus 2015
Pukul : 09 : 30 WIB
Cuaca : Cerah
Kelompok Praktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :

1. Aspal AC 60/70
2. Es Batu

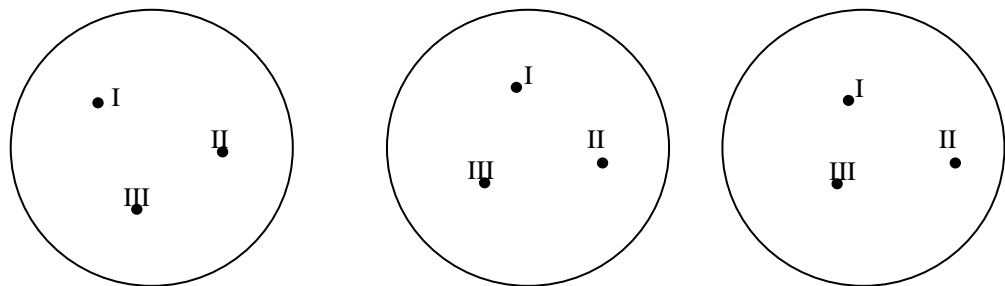
ALAT :

1. *Penetrometer*
2. *Thermometer*
3. *Stopwatch*
4. Cawan
5. Ember

Pengujian :

No	Notasi	Suhu	Nilai	Waktu	Rata -
			Penetrasi		Rata
1	a	25 °C	66	5 seconds	66,67
	b	26 °C	68	5 seconds	
	c	26 °C	66	5 seconds	
2	a	26 °C	65	5 seconds	68,33
	b	26 °C	70	5 seconds	
	c	26 °C	70	5 seconds	
3	a	26 °C	66	5 seconds	68
	b	26 °C	68	5 seconds	
	c	26 °C	70	5 seconds	

U
↑



Gambar 1. Sketsa hasil pengujian penetrasi aspal AC 60 /70

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Prasetyo Wibowo,dkk
NIM. 12510134029



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Uji Titik Lembek Aspal AC 60/70.
Standart Uji : SNI 2433 : 2011(Revisi SNI 06-2433-1991)
Hari, Tanggal Pengujian : Senin, 07 September 2015
Pukul : 09 : 30 WIB
Cuaca : Cerah
Kelompok Praktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :

1. Aspal AC 60/70
2. Es Batu

ALAT :

1. Kompor Listrik
2. *Thermometer*
3. Cincin Kuningan
4. Bola Baja
5. Dudukan Benda Uji
6. Bejana Gelas
7. Kassa Asbes

Data Pengujian :

No	Suhu	Waktu		Titik Lembek	
	(°C)	I	II	I	II
1	5	0	0		
2	10	2'27"	2'22"		
3	15	4'28"	4'23"		
4	20	7'11"	7'05"		
5	25	8'47"	8'37"		
6	30	10'36"	10'32"	52°C	53°C
7	35	12'04"	12'01"	(16'12")	(16'52")
8	40	13'40"	13'36"		
9	45	15'02"	15'01"		
10	50	16'12"	16'03"		
11	53	16'52"	16'49"		
Rata-Rata				52,5°C	

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Sударman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Prasetyo Wibowo,dkk
NIM. 12510134029



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Uji Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal AC 60/70.
Standart Uji : SNI 2433 : 2011(Revisi SNI 06-2433-1991)
Hari, Tanggal Pengujian : Selasa, 01 September 2015
Pukul : 09 : 30 WIB
Cuaca : Cerah
KelompokPraktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :

1. Aspal AC 60/70
2. Cairan Spirtus

ALAT :

- | | |
|------------------------------|---------------------|
| 1. <i>Cleveland Open Cup</i> | 6. Penjepit |
| 2. <i>Thermometer</i> | 7. <i>Stopwatch</i> |
| 3. Kompor Listrik | |
| 4. Batang Bunsen | |
| 5. Sumber Api | |

Data Pengujian :

No	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Keterangan
1	32	0'00"	
2	46	02'10"	
3	60	02'40"	
4	74	03'07"	
5	88	03'13"	
6	102	03'23"	
7	116	03'40"	
8	130	03'47"	
9	144	04'35"	
10	158	05'30"	
11	172	06'43"	
12	186	07'47"	
13	200	07'49"	
14	214	08'17"	
15	228	09'01"	
16	242	10'10"	
17	256	11'20"	
18	270	12'43"	
19	284	14'05"	
20	298	15'43"	
21	312	18'04"	
22	320	19'42"	Titik Nyala
23	325	20'58"	
24	330	22'03"	
25	335	23'03"	Titik Bakar

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Uji Berat Jenis *Filler* Bantak
Standart Uji : SNI 1970 : 2008
Hari, Tanggal Pengujian : Selasa, 07 Juli 2015
Pukul : 10:40 WIB
Cuaca : Cerah
Kelompok Praktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :
Filler Bantak

ALAT :
1. Piknometer
2. Thermometer
3. Air suling
4. Ember

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN FILLER BANTAK

Tabel Data Hasil Pengujian

Pengujian	Notasi	I	II	III	Rata-rata
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	200 ,35	200,83	200,42	200,42
berat benda uji kering oven	A	198,25	198,00	198,43	198,43
Berat picnometer yang berisi air	B	674,00	673,50	674,00	673,83
Berat picnometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	800,21	799,74	799,84	799,93

Tabel Data Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan

Perhitungan	Notasi	hasil	hasil
Berat jenis curah kering (S_d)	$[A/(B + S - C)]$	2,66	2,66
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s)	$[S/(B + S - C)]$	2,69	2,69
Berat jenis semu (S_a)	$[A/(B + A - C)]$	2,75	2,75
Penyerapan air (S_w)	$[((S-A)/A) \times 100\%]$	1,16	%

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Uji Berat Jenis Agregat Kasar Bantak
Standart Uji : SNI 06-2441-1991
Hari, Tanggal Pengujian : Senin, 06 Juni 2015
Pukul : 14:00 WIB
Cuaca : Cerah
Kelompok Praktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :
Agregat Kasar Bantak

ALAT :
1. Piknometer
2. Thermometer
3. Air suling
4. Ember

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

Tabel Data Hasil Pengujian

Pengujian	Notasi	I	II	III	Rata-rata
Berat benda uji kering oven	S	197,68	187,68	185,40	186,92
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	A	201,90	201,90	200,34	186,92
Berat <i>picnometer</i> yang berisi air	B	672,40	672,60	672,00	672,33
Berat picnometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	792,20	795,90	796,10	795,73

Tabel Data Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan

Perhitungan	Notasi	hasil	Hasil
Berat jenis curah kering (S_d)	$[A/(B + S - C)]$	2,41	2,41
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s)	$[S/(B + S - C)]$	2,59	2,59
Berat jenis semu (S_a)	$[A/(B + A - C)]$	2,94	2,94
Penyerapan air (S_w)	$[(S-A)/A \times 100\%]$	7,45	%

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Uji Berat Jenis Agregat Halus Bantak
Standart Uji : SNI 1970 : 2008
Hari, Tanggal Pengujian : Rabu, 08 Juli 2015
Pukul : 14:00 WIB
Cuaca : Cerah
Kelompok Praktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :
Agregat Halus Bantak

ALAT :
1. Piknometer
2. Thermometer
3. Air suling
4. Ember

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

Tabel Data Hasil Pengujian

Parameter Pengujian	Notasi	I	II	III	Rata-rata
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	206,00	200,12	200,21	202,11
Berat benda uji kering oven	A	201,03	198,87	198,50	199,47
Berat picnometer yang berisi air	B	673,00	673,20	673,80	673,33
Berat picnometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	797,30	795,80	795,32	796,14

Tabel Data Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan

Rata-rata hasil Pengujian	Formula	Hasil	Satuan
Berat jenis curah kering (Sd)	$[A/(B + S - C)]$	2,52	
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$[S/(B + S - C)]$	2,55	
Berat jenis semu (Sa)	$[A/(B + A - C)]$	2,60	
Penyerapan air (Sw)	$[(S-A)/A] \times 100\%$	1,33	%

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029



RTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Pengujian MKB Agregat Bantak
Hari, Tanggal Pengujian : Senin, 13 Juli 2015
Pukul : 14:00 WIB
Cuaca : Cerah
Kelompok Praktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :
Agregat Bantak

ALAT :
1. Ayakan
2. Timbangan
3. Piring
4. Kuas

PENGUJIAN MKB AGREGAT BANTAK

1. Tabel Pengujian Modulus Kehalusan Butir (MKB) F1

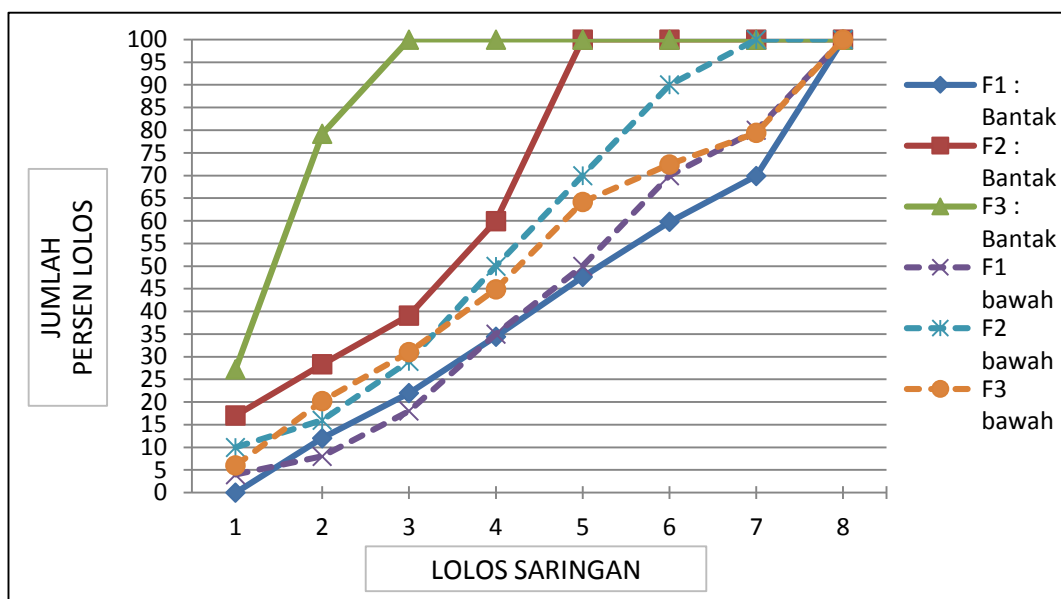
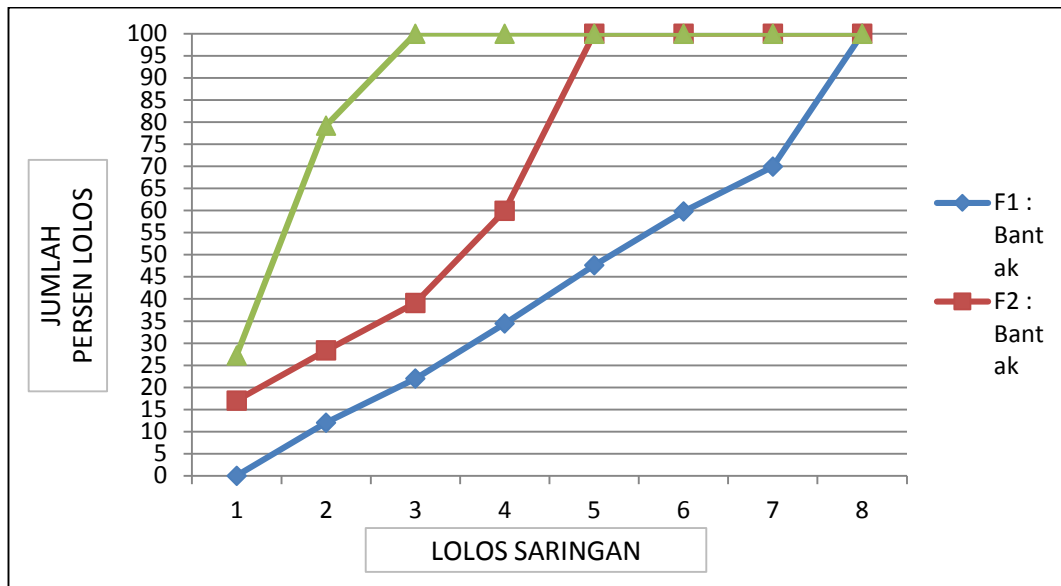
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) D=$\Sigma B-C$
9,5	61,73	6,51	6,51	93,49
4,75	223,60	23,59	30,10	69,90
2,36	96,05	10,13	40,23	59,77
1,18	115,02	12,13	52,37	47,63
0,6	125,05	13,19	65,56	34,44
0,3	118,20	12,47	78,03	21,97
0,15	94,15	9,93	87,96	12,04
<0,15	114,15	12,04	100	0,00
Jumlah Σ	947,95	100	460,75	
MKB= 4,60				

2. Tabel Pengujian Modulus Kehalusan Butir (MKB) F2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) D=$\Sigma B-C$
1,18	189,42	40,04	40,04	100
0,6	98,66	20,85	60,89	59,96
0,3	50,93	10,77	71,66	39,11
0,15	53,55	11,32	82,98	28,34
<0,15	80,53	17,02	100	17,02
Jumlah Σ	473,09	100,00	355,57	
MKB= 3,55				

3. Tabel Pengujian Modulus Kehalusan Butir (MKB) F3

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
0,3	100,07	20,29	20,29	79,71
0,15	203,20	41,19	61,48	38,52
<0,15	190,04	38,52	0	100,00
Jumlah Σ	493,31	100,00	81,76	
MKB = 0,818				



Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Uji Berat Jenis *Filler* Clereng
Standart Uji : SNI 1970 : 2008
Hari, Tanggal Pengujian : Selasa, 11 Agustus 2015
Pukul : 13:30 WIB
Cuaca : Cerah
KelompokPraktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :
Filler Clereng

ALAT :
1. Piknometer
2. Thermometer
3. Air suling
4. Ember

PENGUJIAN AGREGAT FILLER CLERENG

Tabel Data Hasil Pengujian

Pengujian	Notasi	I	II	III	rata-rata
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	206,00	205,86	205,54	205,80
berat benda uji kering oven	A	200,03	199,82	198,58	199,48
Berat picnometer yang berisi air	B	677,00	671,52	674,00	674,00
Berat picnometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	799,31	781,67	797,32	797,32

Tabel Data Hasil Perhitungan Berat Jenis Filler Clereng

Perhitungan	Notasi	hasil	Satuan
Berat jenis curah kering (S_d)	$[A/(B + S - C)]$	2,29	
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s)	$[S/(B + S - C)]$	2,36	
Berat jenis semu (S_a)	$[A/(B + A - C)]$	2,47	
Penyerapan air (S_w)	$[(S-A)/A \times 100\%]$	3,17	%

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Sударman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Prasetyo Wibowo dkk
NIM. 12510134029



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Uji Berat Jenis Agregat halus Clereng
Standart Uji : SNI 06-2441-1991
Hari, Tanggal Pengujian : Selasa, 11 Agustus 2015
Pukul : 10:20 WIB
Cuaca : Cerah
KelompokPraktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :
Agregat halus Clereng

ALAT :
1. Piknometer
2. Thermometer
3. Air suling
4. Ember

PENGUJIAN AGREGAT HALUS CLERENG

Tabel Data Hasil Pengujian

Parameter Pengujian	Notasi	I	II	III	Rerata
Berat benda uji kondisi jenuh kering Permukaan	S	200,07	200,17	200,02	200,09
Berat benda uji kering oven	A	194,04	194,21	194,01	194,09
Berat picnometer yang berisi air	B	677,00	675,10	674,00	675,34
Berat picnometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	784,50	790,10	781,72	785,44

Tabel Data Hasil Perhitungan Berat Jenis agregat halus Clereng

Rata-rata hasil Pengujian	Formula	Hasil	Satuan
Berat jenis curah kering (Sd)	$[A/(B + S - C)]$	2,16	
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$[S/(B + S - C)]$	2,22	
Berat jenis semu (Sa)	$[A/(B + A - C)]$	2,31	
Penyerapan air (Sw)	$[(S-A)/A] \times 100\%$	3,09	%

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Uji Berat Jenis Agregat kasar clereng
Standart Uji : SNI 1970 : 2008
Hari, Tanggal Pengujian : Selasa , 11 agustus 2015
Pukul : 10:55 WIB
Cuaca : Cerah
KelompokPraktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :

Agregat Kasar Clereng

ALAT :

- | | |
|----------------|---------------|
| 1. Piknometer | 2. Air suling |
| 3. Thermometer | 4. Ember |

HASIL PENGUJIAN

Tabel Data Hasil Pengujian

Parameter Pengujian	Notasi	I	II	III	Rerata
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	206,07	209,12	205,12	206,77
Berat benda uji kering oven	A	197,82	198,31	198,29	198,14
Berat picnometer yang berisi air	B	672,90	673,00	673,80	673,80
Berat picnometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	787,20	783,60	792,90	792,90

Tabel Data Hasil Perhitungan Berat Jenis kasar Clereng

Rata-rata hasil Pengujian	Formula	Hasil	Satuan
Berat jenis curah kering (Sd)	$[A/(B + S - C)]$	2,15	
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$[S/(B + S - C)]$	2,24	
Berat jenis semu (Sa)	$[A/(B + A - C)]$	2,37	
Penyerapan air (Sw)	$[(S-A)/A] \times 100\%$	4,36	%

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029



RTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Pengujian MKB Agregat Clereng
Hari, Tanggal Pengujian : Selasa, 04 Agustus 2015
Pukul : 09:15 WIB
Cuaca : Cerah
Kelompok Praktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :
Agregat Kasar Bantak

ALAT :
1. Ayakan
2. Timbangan
3. Piring
4. Kuas

PENGUJIAN MKB AGREGAT CLERENG

1. Tabel Pengujian Modulus Kehalusan Butir (MKB) F1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
9,5	74,43	7,54	7,54	92,46
4,75	130,54	13,22	20,75	79,25
2,36	187,21	18,95	39,71	60,29
1,18	231,39	23,43	63,13	36,87
0,6	98,95	10,02	73,15	26,85
0,3	121,22	12,27	85,43	14,57
0,15	100,40	10,17	95,59	4,41
<0,15	43,54	4,41	100	0,00
Jumlah Σ	987,68	100	485,30	

MKB = 4,853

2. Tabel Pengujian Modulus Kehalusan Butir (MKB) F2

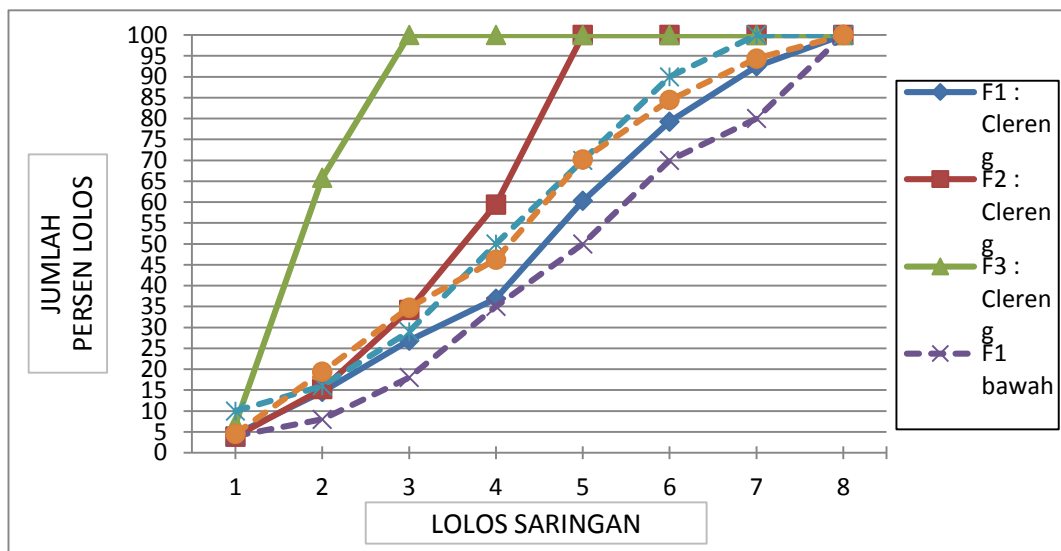
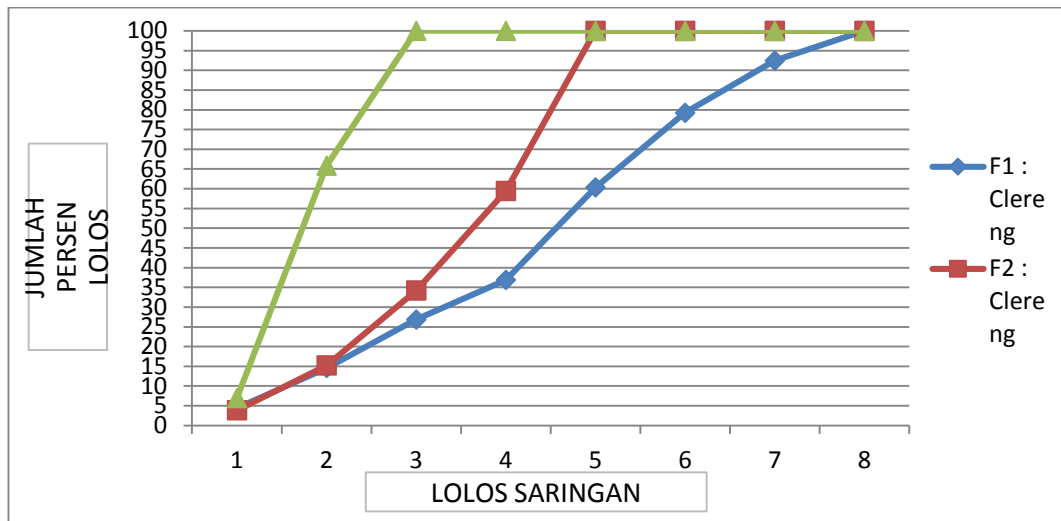
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
1,18	197,22	40,58	40,58	59,42
0,6	122,62	25,23	65,81	34,19
0,3	92,21	18,97	84,78	15,22
0,15	55,29	11,38	96,15	3,85
<0,15	18,69	3,85	100	0,00
Jumlah Σ	486,03	100,00	387,32	

MKB = 3,873

3. Tabel Pengujian Modulus Kehalusan Butir (MKB) F3

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
0,3	156,8	34,19	34,19	65,81
0,15	270,08	58,89	93,08	6,92
<0.15	31,75	6,92	100	0,00
Jumlah Σ	458,63	100,00	227,27	

MKB = 2,273



Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Uji Berat Jenis *Filler* Krasak
Standart Uji : SNI 1970 : 2008
Hari, Tanggal Pengujian : Senin 13 Juli 2015
Pukul : 10:00 WIB
Cuaca : Cerah
Kelompok Praktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :
Filler Krasak

ALAT :
1. Piknometer
2. Thermometer
3. Air suling
4. Ember

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN *FILLER* KRASAK

Tabel Data Hasil Pengujian

Parameter Pengujian	Notasi	I	II	III	Rerata
Berat benda uji kondisi jenuh kering Permukaan	S	200,05	200,11	200,09	200,08
Berat benda uji kering oven	A	198,00	198,50	198,25	198,25
Berat picnometer yang berisi air	B	668,50	669,00	668,50	668,67
Berat picnometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	784,00	790,00	788,00	787,33

Tabel Data Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan

Perhitungan	Notasi	Hasil	hasil
Berat jenis curah kering (S_d)	$[A/(B + S - C)]$	2,44	2,44
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s)	$[S/(B + S - C)]$	2,46	2,46
Berat jenis semu (S_a)	$[A/(B + A - C)]$	2,49	2,49
Penyerapan air (S_w)	$[(S-A)/A] \times 100\%$	0,92	%

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Uji Berat Jenis Agregat Krasak & Penyerapan Air
Standart Uji : SNI 06-2441-1991
Hari, Tanggal Pengujian : Senin, 20 Juli 2015
Pukul : 10:45 WIB
Cuaca : Cerah
KelompokPraktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :
Agregat Kasar Krasak

ALAT :
1. Piknometer
2. Thermometer
3. Air suling
4. Ember

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

Parameter Pengujian	Notasi	I	II	III	Rerata
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	200,09	200,11	200,08	200,09
Berat benda uji kering oven	A	184,25	185,30	184,12	184,56
Berat picnometer yang berisi air	B	670,09	673,00	672,30	671,80
Berat picnometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	786,40	787,60	785,80	786,60

Tabel 34. Data Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan

Perhitungan	Notasi	Hasil	hasil
Berat jenis curah kering (S_d)	$[A/(B + S - C)]$	2,16	2,16
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s)	$[S/(B + S - C)]$	2,35	2,35
Berat jenis semu (S_a)	$[A/(B + A - C)]$	2,65	2,65
Penyerapan air (S_w)	$[((S-A)/A) \times 100\%]$	8,42	%

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Uji Berat Jenis Agregat Krasak & Penyerapan Air
Standart Uji : SNI 1970 : 2008
Hari, Tanggal Pengujian : Selasa, 21 Juli 2015
Pukul : 10:00 WIB
Cuaca : Cerah
Kelompok Praktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :
Agregat Halus Krasak

ALAT :
1. Piknometer
2. Thermometer
3. Air suling
4. Ember

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

Parameter Pengujian	Notasi	I	II	III	Rerata
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	201,11	201,13	201,05	201,10
Berat benda uji kering oven	A	199,30	199,20	199,90	199,47
Berat picnometer yang berisi air	B	673,80	670,10	673,50	672,47
Berat picnometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	799,80	798,00	800,20	799,33

Tabel 34. Data Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan

Perhitungan	Notasi	Hasil	hasil
Berat jenis curah kering (S_d)	$[A/(B + S - C)]$	2,69	2,69
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s)	$[S/(B + S - C)]$	2,71	2,71
Berat jenis semu (S_a)	$[A/(B + A - C)]$	2,75	2,75
Penyerapan air (S_w)	$[(S-A)/A \times 100\%]$	0,82	%

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Pengujian MKB Agregat Kasar Krasak
Hari, Tanggal Pengujian : Rabu, 05 Juli 2015
Pukul : 10:20 WIB
Cuaca : Cerah
Kelompok Praktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :
Agregat Kasar Krasak

ALAT :
1. Ayakan
2. Timbangan
3. Piring
4. Kuas

PENGUJIAN MKB AGREGAT KRASAK

1. Tabel Pengujian Modulus Kehalusan Butir (MKB) F1

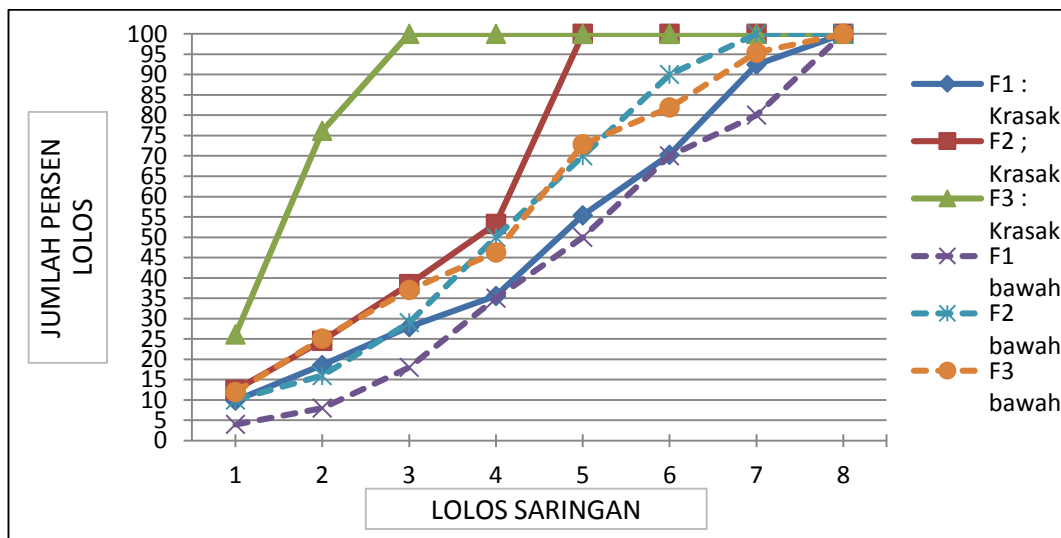
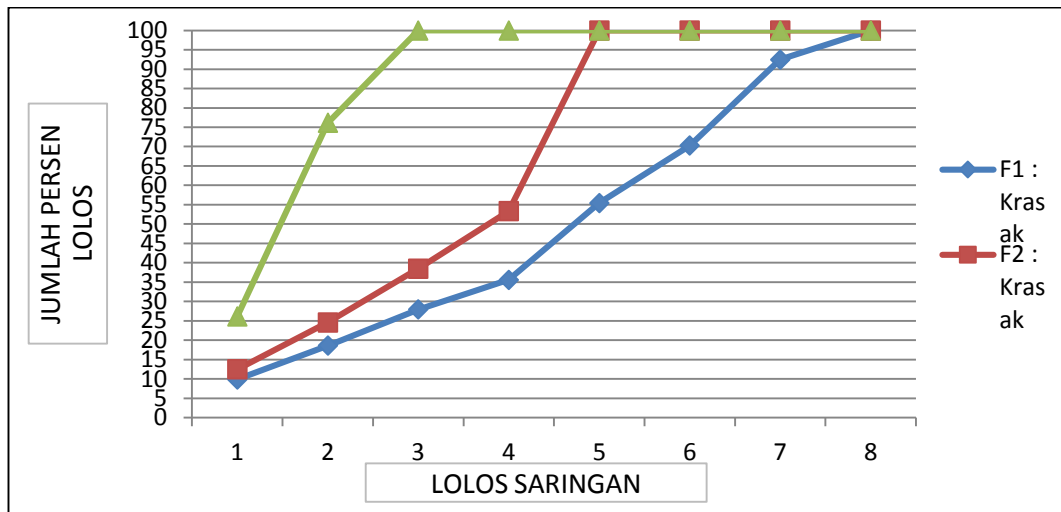
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) D=$\Sigma B-C$
9,5	75,43	7,55	7,55	92,45
4,75	221,32	22,16	2,71	70,29
2,36	148,31	14,85	44,57	55,43
1,18	198,32	19,86	64,42	35,58
0,6	76,32	7,64	72,07	27,93
0,3	93,21	9,33	81,40	18,60
0,5	87,32	8,74	90,14	9,86
<0,5	98,43	9,86	100	0,00
Jumla, Σ	998,66	100	489,87	
MKB	4,899			

2. Tabel Pengujian Modulus Kehalusan Butir (MKB) F2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) D=$\Sigma B-C$
1,18	229,65	46,70	46,70	53,30
0,6	72,89	14,82	61,52	38,48
0,3	68,32	13,89	75,42	24,58
0,15	59,43	12,09	87,50	1,50
<0,15	61,45	12,50	100	0,00
Jumlah Σ	491,74	100,00	371,15	
MKB	3,711			

3. Tabel Pengujian Modulus Kehalusan Butir (MKB) F3

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
0,3	118,87	23,86	23,86	76,14
0,15	249,32	50,04	73,90	26,10
<0,15	130,04	26,10	100	0,00
Jumlah Σ	498.23	100,00	197,76	
MKB	1,978			



Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029

PROYEK AKHIR

KARAKTERISTIK *ULTRASONIC PULSE VELOCITY* (UPV)
PADA *FLEXIBLE PAVEMENT* DENGAN MENGGUNAKAN METODE
INDIRECT

LAMPIRAN DATA HASIL PENGUJIAN

Oleh : Prasetyo Wibowo
NIM : 12510134029

JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2016



Tabel Jumlah Agregat Tiap Varian

Varians		Jenis Varians		No Saringan	Berat yang tertahan	
		Jenis Agregat	Asal Agregat			
BBP	F1	Kasar	Bantak	#7	247	gram
			Bantak	#6	247	gram
			Bantak	#5	395.2	gram
			Bantak	#4	407.55	gram
	F2	Halus	Bantak	#3	308.75	gram
			Bantak	#2	150.94	gram
			Bantak	#1	96.06	gram
	F3	<i>Filler</i>	Progo	Pan	27.79	gram
BCC	F1	Kasar	Bantak	#7	247	gram
			Bantak	#6	247	gram
			Bantak	#5	395.2	gram
			Bantak	#4	407.55	gram
	F2	Halus	Clereng	#3	308.75	gram
			Clereng	#2	150.94	gram
			Clereng	#1	96.06	gram
	F3	<i>Filler</i>	Clereng	Pan	27.79	gram
BBB	F1	Kasar	Bantak	#7	247	gram
			Bantak	#6	247	gram
			Bantak	#5	395.2	gram
			Bantak	#4	407.55	gram
	F2	Halus	Bantak	#3	308.75	gram
			Bantak	#2	150.94	gram
			Bantak	#1	96.06	gram
	F3	<i>Filler</i>	Bantak	Pan	27.79	gram
BBS	F1	Kasar	Bantak	#7	247	gram
			Bantak	#6	247	gram
			Bantak	#5	395.2	gram
			Bantak	#4	407.55	gram
	F2	Halus	Bantak	#3	308.75	gram
			Bantak	#2	150.94	gram
			Bantak	#1	96.06	gram
	F3	<i>Filler</i>	Semen	Pan	27.79	gram

Varians		Jenis Varians		No Saringan	Berat yang tertahan	
		Jenis Agregat	Asal Agregat			
BKB	F1	Kasar	Bantak	#7	247	gram
			Bantak	#6	247	gram
			Bantak	#5	395.2	gram
			Bantak	#4	407.55	gram
	F2	Halus	Krasak	#3	308.75	gram
			Krasak	#2	150.94	gram
			Krasak	#1	96.06	gram
	F3	<i>Filler</i>	Bantak	Pan	27.79	gram
CCC	F1	Kasar	Clereng	#7	247	gram
			Clereng	#6	247	gram
			Clereng	#5	395.2	gram
			Clereng	#4	407.55	gram
	F2	Halus	Clereng	#3	308.75	gram
			Clereng	#2	150.94	gram
			Clereng	#1	96.06	gram
	F3	<i>Filler</i>	Clereng	Pan	27.79	gram
PCC	F1	Kasar	Progo	#7	247	gram
			Progo	#6	247	gram
			Progo	#5	395.2	gram
			Progo	#4	407.55	gram
	F2	Halus	Clereng	#3	308.75	gram
			Clereng	#2	150.94	gram
			Clereng	#1	96.06	gram
	F3	<i>Filler</i>	Clereng	Pan	27.79	gram
KPC	F1	Kasar	Krasak	#7	247	gram
			Krasak	#6	247	gram
			Krasak	#5	395.2	gram
			Krasak	#4	407.55	gram
	F2	Halus	Progo	#3	308.75	gram
			Progo	#2	150.94	gram
			Progo	#1	96.06	gram
	F3	<i>Filler</i>	Clereng	Pan	27.79	gram

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029

Tabel Hasil Pengukuran Volumetrik Balok

Varian	No. Varian	Berat	Panjang	Lebar (cm)			Lebar Rata-rata	Keterangan
		(Kg)	(cm)	1	2	3		
BBP	BBP1	1901	38.20	5.34	5.36	5.30	5.33	
	BBP2	1953	39.00	5.31	5.31	5.31	5.31	
	BBP3	1954	38.00	5.13	5.15	5.10	5.13	
BCC	BCC1	1894	38.70	5.31	5.30	5.30	5.30	
	BCC2	-	-	-	-	-	-	Rusak
	BCC3	1944	38.20	5.35	5.34	5.35	5.35	
BBB	BBB1	1953	37.90	5.22	5.23	5.22	5.22	
	BBB2	1978	38.20	5.29	5.29	5.29	5.29	
	BBB3	1995	38.10	5.16	5.17	5.16	5.16	
BBS	BBS1	1944	38.20	5.18	5.18	5.17	5.18	
	BBS2	1950	37.90	5.28	5.30	5.28	5.29	
	BBS3	1903	38.50	5.17	5.18	5.15	5.17	
BKB	BKB1	-	-	-	-	-	-	Rusak
	BKB2	1984	38.30	5.46	5.48	5.48	5.47	
	BKB3	1988	38.40	5.37	5.33	5.37	5.36	
CCC	CCC1	-	-	-	-	-	-	Rusak
	CCC2	-	-	-	-	-	-	Rusak
	CCC3	1847	37.80	5.24	5.28	5.28	5.27	
PCC	PCC1	1922	38.50	5.10	5.10	5.12	5.11	
	PCC2	1907	38.60	5.20	5.23	5.26	5.23	
	PCC3	1951	38.40	5.93	5.93	5.93	5.93	
KPC	KPC1	1987	38.60	5.27	5.27	5.27	5.27	
	KPC2	1800	38.60	5.15	5.15	5.15	5.15	
	KPC3	1888	38.40	5.10	5.12	5.18	5.13	

Tabel Hasil Pengukuran Tinggi Balok

Varian	No. Varian	Tinggi (cm)					Tinggi Rata-rata
		1	2	3	4	5	
BBP	BBP1	5.20	5.16	5.08	5.06	5.07	5.11
	BBP2	5.20	5.22	5.26	5.27	5.28	5.25
	BBP3	5.11	5.13	5.17	5.16	5.17	5.15
BCC	BCC1	5.29	5.29	5.27	5.27	5.27	5.28
	BCC2	5.30	5.27	5.31	5.31	5.34	5.30
	BCC3	5.21	5.27	5.27	5.29	5.33	5.27
BBB	BBB1	5.23	5.22	5.22	5.19	5.20	5.21
	BBB2	5.25	5.25	5.24	5.25	5.26	5.25
	BBB3	5.10	5.10	5.11	5.11	5.16	5.12
BBS	BBS1	5.40	5.35	5.24	5.25	5.20	5.29
	BBS2	5.31	5.31	5.27	5.27	5.25	5.28
	BBS3	5.20	5.19	5.29	5.19	5.20	5.21
BKB	BKB1	5.33	5.31	5.30	5.30	5.30	5.31
	BKB2	5.20	5.20	5.20	5.18	5.13	5.18
	BKB3	5.08	5.12	5.05	5.10	5.10	5.09
CCC	CCC1	5.21	5.18	5.20	5.31	5.10	5.20
	CCC2	5.31	5.31	5.32	5.31	5.32	5.31
	CCC3	5.31	5.29	5.30	5.31	5.30	5.30
PCC	PCC1	5.07	5.08	5.09	5.08	5.07	5.08
	PCC2	5.00	5.00	5.00	5.50	4.94	5.09
	PCC3	5.32	5.34	5.46	5.61	5.52	5.45
KPC	KPC1	5.20	4.79	4.85	5.05	5.10	5.00
	KPC2	4.73	5.19	5.15	5.10	5.13	5.06
	KPC3	4.64	4.66	4.73	4.86	4.97	4.80

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029

Tabel Hasil Pengujian *UPV*

No. Varians	Jenis Agregat	Benda Uji ke-	Travel time								
			A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	F1 : BANTAK	1	20.5	82.5	82	94.2	69.4	87.2	75.8	93.6	98.3
	F2 : BANTAK	2	25.7	67.5	22.1	67.3	22.7	90.7	21.6	20.9	90.7
	F3 : PROGO	3	27.5	65.1	23.1	68.1	24.6	93.4	32.1	19.6	63.5
2	F1 : BANTAK	1	68.2	138.8	197.6	142.5	46.5	153.4	37.5	56.7	160.2
	F2 : CLERENG	2	102.6	192.3	127.1	213.9	114.7	192.3	151.9	98.8	193.7
	F3 : CLERENG	3	29.5	79.9	21.8	86.6	35.8	134.5	45.2	40.2	139.7
3	F1 : BANTAK	1	23	69	19.2	70.9	24.2	67	22.3	23.5	63.4
	F2 : BANTAK	2	23.5	74	26.6	73	20.2	55.5	26.5	14.6	56.2
	F3 : BANTAK	3	26.6	96.8	23.4	68.1	25.3	70.1	21.6	18.4	65.2
4	F1 : BANTAK	1	28.5	96.5	25.5	95.3	78.7	49.9	21.6	22.3	88
	F2 : BANTAK	2	29.5	97.4	24.3	77	72	91.6	21.7	17.1	86.7
	F3 : SEMEN	3	42	119.1	172	20.3	21.6	122.2	60.6	17.6	111.3
5	F1 : BANTAK	1	25.3	67.7	21.2	63.2	23.1	73.2	26	24.1	70.6
	F2 : KRASAK	2	26.3	72.5	33.2	73.5	28.1	76.1	30.1	22	67.1
	F3 : BANTAK	3	30.3	73.5	28.6	97.4	19.4	76.6	33.3	29.6	75.6
6	F1 : CLERENG	1	36.8	135.4	111.6	147.2	33.5	117.2	76.3	104.4	119.6
	F2 : CLERENG	2	104.2	144.6	78.5	122.7	124.6	135.6	172.8	169	138.1
	F3 :	3	176.2	144.7	183.9	153	158.4	162.6	172.1	174.7	166.7

	CLERENG										
7	F1 : PROGO	1	92.5	123.7	34.5	77.1	32.5	113.4	32.5	36.5	115
	F2 : CLERENG	2	34.5	110.7	33.4	112.6	38.6	109.4	37.1	35.5	114.5
	F3 : CLERENG	3	30	110.2	151.4	116.7	37.6	92.4	24.7	28.9	121.2
8	F1 : KRASAK	1	33.6	97.1	28.7	110.2	37.1	113.7	94	93.1	114.9
	F2 : PROGO	2	84.6	117.6	40.4	105.2	81.6	110.7	84.6	88.5	172.2
	F3 : CLERENG	3	78.1	91	79.2	112.7	147.7	135.5	74.9	76.8	126.6

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Uji Berat Jenis *Filler* Progo
Standart Uji : SNI 1970 : 2008
Hari, Tanggal Pengujian : Selasa, 11 Agustus 2015
Pukul : 13:30 WIB
Cuaca : Cerah
KelompokPraktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :
Filler Progo

ALAT :
1. Piknometer
2. Thermometer
3. Air suling
4. Ember

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN *FILLER* PROGO

Tabel 33. Data Hasil Pengujian

Pengujian	Notasi	I	II	III	Rata-rata
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	200,14	200,09	200,15	200,13
Berat benda uji kering oven	A	198,03	187,75	198,26	194,68
Berat picnometer yang berisi air	B	672,00	674,50	674,00	673,50
Berat picnometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	676,50	679,50	799,20	718,40

Tabel 34. Data Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan

Perhitungan	Notasi	Hasil	Hasil
Berat jenis curah kering (S_d)	$[A/(B + S - C)]$	1,25	1,25
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s)	$[S/(B + S - C)]$	1,29	1,29
Berat jenis semu (S_a)	$[A/(B + A - C)]$	1,30	1,30
Penyerapan air (S_w)	$[(S-A)/A \times 100\%]$	2,80	%

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Uji Berat Jenis Agregat Progo & Penyerapan Air
Standart Uji : SNI 06-2441-1991
Hari, Tanggal Pengujian : Kamis, 20 Agustus 2015
Pukul : 10:55 WIB
Cuaca : Cerah
KelompokPraktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :

Agregat Kasar Progo

ALAT :

1. Piknometer
2. Thermometer
3. Air suling
4. Ember

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

Tabel 33. Data Hasil Pengujian

Pengujian	Notasi	I	II	III	Rata-rata
Berat benda uji kering oven	S	200	200	200,0	204,97
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	A	208,3	207,3	207,8	200,68
Berat benda uji didalam air	B	121	119,6	120,3	673,70
Berat picnometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	790,10	794,40	794,80	793,10

Tabel 34. Data Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan

Perhitungan	Notasi	Hasil	Hasil
Berat jenis curah kering (S_d)	$[A/(B + S - C)]$	2,35	2,35
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s)	$[S/(B + S - C)]$	2,40	2,40
Berat jenis semu (S_a)	$[A/(B + A - C)]$	2,47	2,47
Penyerapan air (S_w)	$[((S-A)/A)] \times 100\%$	2,14	%

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Uji Berat Jenis Agregat Progo & Penyerapan Air
Standart Uji : SNI 1970 : 2008
Hari, Tanggal Pengujian : Jum'at , 21 Agustus 2015
Pukul : 10:20 WIB
Cuaca : Cerah
KelompokPraktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :
Agregat Halus Progo

ALAT :
1. Piknometer
2. Thermometer
3. Air suling
4. Ember

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

Tabel 33. Data Hasil Pengujian

Pengujian	Notasi	I	II	III	Rata-rata
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	200,08	200,09	200,09	200,09
Berat benda uji kering oven	A	199,12	199,21	199,22	199,18
Berat picnometer yang berisi air	B	671,90	672,20	673,60	672,57
Berat picnometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	796,23	796,62	797,31	796,72

Tabel 34. Data Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan

Perhitungan	Notasi	Hasil	Hasil
Berat jenis curah kering (S_d)	$[A/(B + S - C)]$	2,62	2,62
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s)	$[S/(B + S - C)]$	2,64	2,64
Berat jenis semu (S_a)	$[A/(B + A - C)]$	2,65	2,65
Penyerapan air (S_w)	$[(S-A)/A] \times 100\%$	0,45	%

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Pengujian MKB Agregat Kasar Progo
Hari, Tanggal Pengujian : Senin, 14 Juli 2015
Pukul : 14:00 WIB
Cuaca : Cerah
Kelompok Praktikum : 1. Sebastian Galeh Darmawan
2. Hendra Saputro
3. Indra Setyanto
4. Rahman Dani
5. Ibnu Hidayat
6. Prasetyo Wibowo
7. Ragil Sudibyo
8. Dhita Yulianti
9. Khusnul Ashari
10. Fajar Agung W

BAHAN :
Agregat Kasar Progo

ALAT :
1. Ayakan
2. Timbangan
3. Piring
4. Kuas

PENGUJIAN MKB AGREGAT KASAR PROGO

1. Tabel Pengujian Modulus Kehalusan Butir (MKB) F1

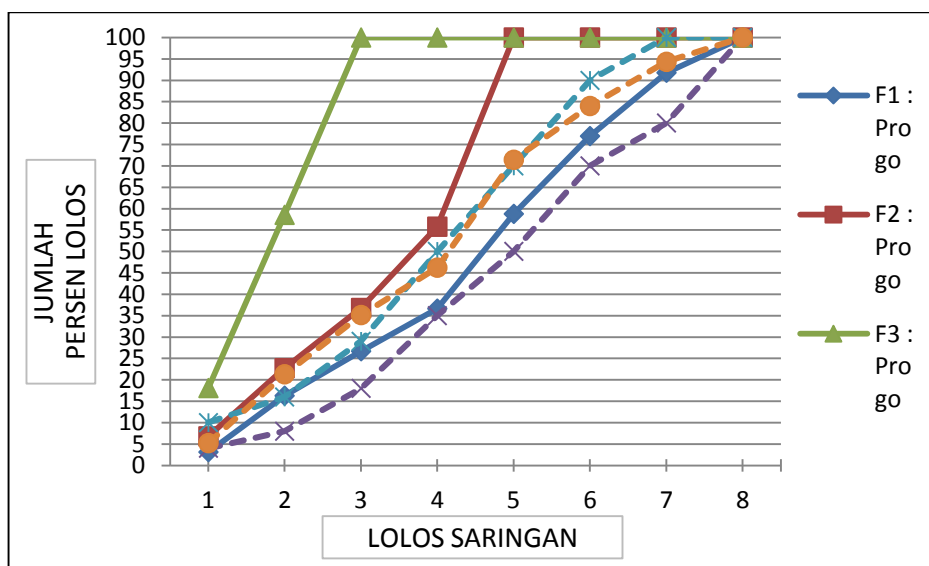
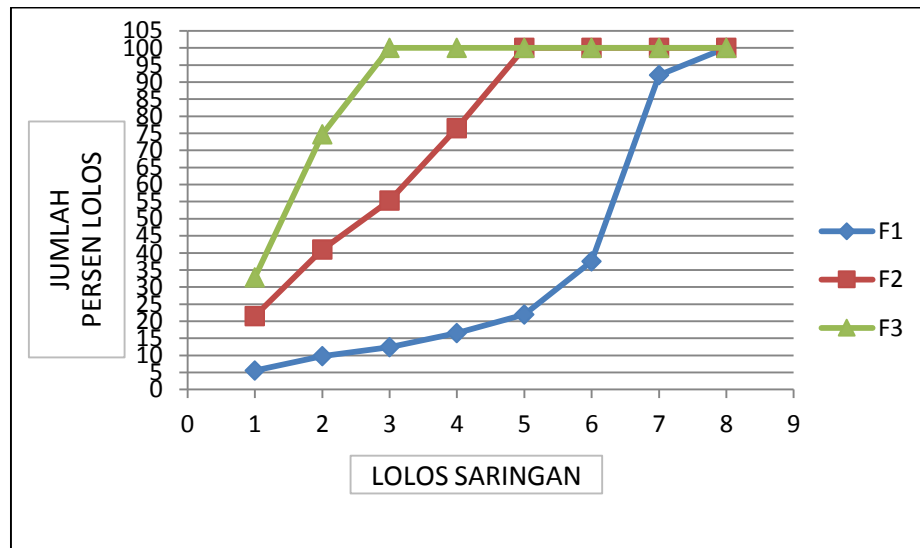
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
9,5	80,45	8,20	8,20	91,80
4,75	145,69	14,85	23,06	76,94
2,36	177,94	18,14	41,20	58,80
1,18	217,48	22,17	63,37	36,63
0,6	97,44	9,93	73,30	26,70
0,3	101,99	10,40	83,70	16,30
0,15	129,47	13,20	96,90	3,10
<0.15	30,39	3,10	100	0,00
Jumlah Σ	980,85	100	489,73	
MKB = $\frac{489,73}{980,85}$				

2. Tabel Pengujian Modulus Kehalusan Butir (MKB) F2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
1,18	220,48	44,20	44,20	55,80
0,6	94,71	18,99	63,19	36,81
0,3	70,29	14,09	77,28	22,72
0,15	79,32	15,90	93,19	6,81
<0.15	33,98	6,81	100	0,00
Jumlah Σ	498,78	100,00	377,87	
MKB = 3,779				

3. Tabel Pengujian Modulus Kehalusan Butir (MKB) F3

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr) A	Persen Tertinggal(%) $B=(A/\Sigma A)*100$	Persen Tertinggal Komulatif (%) C=B	Persen Tembus Komulatif (%) $D=\Sigma B-C$
0,3	203,3	41,48	41,48	58,52
0,15	198,43	40,48	81,96	18,04
<0.15	88,43	18,04	100	0,00
Jumlah Σ	490,16	100,00	223,44	
MKB = 2,234				



Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, 18 Mei 2016
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd
NIP. 19610214 199103 1 001

Prasetyo Wibowo, dkk
NIM. 12510134029